



TUGAS AKHIR - TF 145565

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN MODE FAST PWM MENGUNAKAN ATMEGA 16

CHOIRUL MUFIT
NRP. 2414 031 045

Dosen Pembimbing
Detak Yan Pratama S.T., M.Sc
NIP. 19840101 201212 1 002

PROGRAM STUDI TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN *SOLAR CHARGE CONTROLLER*
DENGAN *MODE FAST PWM* MENGGUNAKAN
ATMEGA 16**

**CHOIRUL MUFIT
NRP 2414 031 045**

**Dosen Pembimbing
Detak Yan Pratama S.T., M.Sc
NIP. 19840101 201212 1 002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH
FAST PWM MODE USING ATMEGA 16***

**CHOIRUL MUFIT
NRP 2414 031 045**

ADVISOR LECTURER
Detak Yan Pratama S.T., M.Sc
NIP. 19840101 201212 1 002

***INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017***

**RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER
DENGAN MODE FAST PWM MENGGUNAKAN ATMEGA**

16

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Choirul Mufit
NRP. 2414 031 045**

**Surabaya, 28 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



**Detak Yan Pratama S.T. M.Sc.
NIP. 19840101 201212 1 002**

**Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi EV - ITS**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN *SOLAR CHARGE CONTROLLER*
DENGAN MODE *FAST PWM* MENGGUNAKAN AT-Mega**

16




TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
DIII Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Choirul Mufit
NRP. 2414 031 045

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Detak Yan Pratama S.T. M.Sc.
2. Arief Abdurrahman S.T. M.T
3. Hery Sufyan Hadi S.T. M.T

 (Dosen Pembimbing)
 (Ketua Tim Penguji)
 (Dosen Penguji 1)

**SURABAYA
28 JULI 2017**

RANCANG BANGUN *SOLAR CHARGE CONTROLLER* DENGAN MODE *FAST PWM* MENGGUNAKAN ATMEGA

16

Nama Mahasiswa : Choirul Mufit
NRP : 2414 031 045
Program Studi : D3 Teknik Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi FV-ITS
Dosen Pembimbing : Detak Yan Pratama S.T. M.Sc

Abstrak

Energi listrik yang dihasilkan panel surya telah digunakan sebagai solusi energi terbarukan untuk menunjang kehidupan manusia. Dalam kenyataannya, energi alternatif ini belum banyak digunakan karena kendala dari investasi awal yang mahal sehingga perlu dirancang komponen pembangkit listrik tenaga surya yaitu salah satunya *solar charge controller* yang handal, optimal, efisien dan ekonomis.. Kontroler yang dibuat menggunakan metode *switching*. Proses *switching* dapat terjadi dengan cara mengatur *duty cycle* melalui Atmega 16 pada rangkaian *solar charge controller*. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai *duty cycle* sebesar 1% hingga 100% dapat terjadi proses *switching*. *Duty cycle* yang telah diatur pada *solar charge controller* adalah 90%. *Duty Cycle* tersebut merupakan *duty cycle* dimana tegangan output buck converter mendekati setpoint dari tegangan minimal *charger*. Tegangan *input* dari panel surya saat tersambung baterai sebesar ± 16 volt dapat diregulasi menjadi ± 14 volt oleh *solar charge controller*. Berdasarkan spesifikasi *charging* aki, *output* kontroler tersebut dapat digunakan untuk *charging* aki 12 volt. Kemudian Saat proses *charging*, untuk menaikkan level tegangan sekitar 10% dibutuhkan waktu sekitar 7 jam.

Kata Kunci: Panel Surya, *Switching*, *Charging*

DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH FAST PWM MODE USING ATMEGA 16

Student Name : Choirul Mufit
NRP : 2414 031 045
Study Program : D3 Instrumentation Engineering
Department : Instrumentation Engineering FV-ITS
Advisor Lecture : Detak Yan Pratama S.T. M.Sc

Abstract

The electrical energy produced by the solar panels have been used as a renewable energy solution to support human life. In fact, alternative energy has not been widely used because of the constraints of the initial investment is expensive so it needs to be designed solar electric plant components, namely one solar charge controller that is reliable, optimal, efficient and economical. The controllers are made using the method of switching. The process of switching may occur by adjusting the duty cycle through ATmega 16 on a series of solar charge controller. Based on test results obtained value of the duty cycle of 1% to 100% could be switching process. Duty cycle which has been set at 95% solar charge controller. The input voltage on battery of the solar panel by ± 16 volts can be regulated to ± 14 volts by the solar charge controller. Based on the specifications of charging the battery, the controller output can be used for charging the 12-volt battery. When the charging process, the average voltage level to increase around 10% takes about 7 hours

Keywords: Photovoltaic, Switching, Charging,

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SOLAR *CHARGE CONTROLLER* DENGAN MODE *FAST PWM* MENGGUNAKAN ATMEGA 16”**. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito selaku Ketua Jurusan Teknik Instrumentasi ITS Yang telah memberikan banyak saran terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dhanny Arifianto ST Meng, selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberikan dukungan, motivasi, serta prinsip sebagai seorang mahasiswa.
3. Bapak Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran serta arahan yang terbaik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir Roekmono selaku dosen yang sangat telah banyak membantu saya dalam Kerja praktek maupun Tugas akhir pemotong dan pengering kunyit sebelumnya.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika dan Teknik Instrumentasi yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
6. Seluruh Staff Jurusan Teknik Fisika dan Teknik Instrumentasi yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Bapak Jupri Respati dan Ibu Watini tercinta orang tua terbaik dan yang paling saya sayangi berkat doanya yang membuat saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini, Adikku Muhammad Rofiki Mubarak yang semoga menjadi pribadi yang lebih baik lagi
8. Aulia Mutiara Aminullah selaku teman dan *partner* Tugas Akhir, yang sangat luar biasa memberikan dorongan dan

semangat, serta tidak kenal lelah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

9. Teman-teman seperjuangan dan satu angkatan F49 *tree Fortress* selalu memotivasi penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir yang selalu memotivasi penulis.
11. Keluarga Laboratorium Pengukuran Fisis yang banyak membantu menyemangati pengerjaan.
12. Kesepuluh teman SMA saya yang juga sekarang tengah mengejar cita-citanya
13. Nur Ummama Sofyana, Siti Sofiya, Luis Yantri, Raihan Nanditio, Putri Merlisa, Agung Marhamsyah, Rizal Maulavi, Fery Agos Kurniawan dan Gustan Ubai Anggie Priambada yang telah menjadi teman yang baik bagi saya selama kuliah
14. Prihartini Nurmacrifah yang menjadi teman terbaik selama ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, 25 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | Hal |
|--|---------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Permasalahan..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Laporan | 3 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Teori Dasar Listrik..... | 5 |
| 2.2 Panel Surya | 6 |
| 2.3 Baterai..... | 7 |
| 2.4 <i>Buck Converter</i> | 9 |
| 2.5 <i>Charging Mode Solar Charge Controller</i> | 10 |
| 2.6 <i>Pulse Width Modulation</i> | 11 |
| 2.7 Mosfet..... | 12 |
| 2.8 Mikrokontroler Atmega 16..... | 15 |
| BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .. | 17 |
| 3.1 Diagram Alir(<i>Flowchart</i>) | 17 |
| 3.2 Keterangan <i>Flowchart</i> | 18 |
| 3.2.1 Studi Sistem Kontrol Pengisian..... | 18 |
| 3.2.2 Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> serta <i>Software Solar Charge Controller</i> | 18 |
| 3.2.3 Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> Pemrograman | 27 |
| 3.2.4 Pengujian Sistem Pengisian..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 3.2.5 Pengambilan Data <i>Solar Charge Controller</i> | 30 |
| 3.2.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan..... | 30 |

BAB IV. PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS SISTEM .31

| | |
|--|----|
| 4.1 Pengujian Alat | 31 |
| 4.1.1 Hasil Rancang Bangun | 31 |
| 4.1.2 Pengujian Rangkaian Pembangkit Sinyal <i>pwm</i> | 32 |
| 4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan Baterai..... | 34 |
| 4.1.4 Pengujian Sensor Tegangan pada <i>Solar Cell</i> | 39 |
| 4.1.5 Pengujian kerja <i>Solar Charge Controller</i> | 44 |
| 4.2 Analisis Sistem | 47 |

BAB V. PENUTUP51

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 51 |
| 5.2 Saran | 51 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (*Datasheet Komponen*)

LAMPIRAN B (*Listing Program di Mikrokontroler At-mega 16*)

LAMPIRAN C (*Rangkaian Sistem secara Keseluruhan*)

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

| | Hal |
|--|-----|
| Gambar 2.1 Kurva I-V Panel Surya..... | 6 |
| Gambar 2.2 Kontruksi Baterai | 8 |
| Gambar 2.3 Rangkaian <i>Buck Converter</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Diagram <i>Three Stage Charging</i> | 11 |
| Gambar 2.5 Gelombang <i>Output</i> Sinyal <i>pwm</i> | 12 |
| Gambar 2.6 <i>Duty Cycle</i> Perbandingan <i>Ton</i> dan <i>Toff</i> | 12 |
| Gambar 2.7 P dan N <i>Channel</i> Mosfet..... | 13 |
| Gambar 2.8 Kurva Karakteristik <i>Output</i> Mosfet | 13 |
| Gambar 2.9 Rangkaian <i>Driver</i> N <i>Channel</i> Mosfet | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir | 17 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Pengecasan Aki Menggunakan Panel Surya | 19 |
| Gambar 3.3 <i>Block Flow Diagram</i> Perancangan <i>Solar Charge</i> <i>Controller</i> | 20 |
| Gambar 3.4 Rangkaian <i>Buck Converter</i> | 21 |
| Gambar 3.5 Mikrontroler AtMega 16..... | 23 |
| Gambar 3.6 Hardware Rangkaian <i>Buck Converter</i> | 23 |
| Gambar 3.7 Spesifikasi Panel Surya 50WP | 24 |
| Gambar 3.8 Konfigurasi Timer 0..... | 25 |
| Gambar3.9 Pembangkitan Sinyal <i>PWM</i> Pada Osiloskop Dengan <i>Duty Cycle</i> 50% | 27 |
| Gambar 4.1 <i>Mini Plant</i> PLTS | 31 |
| Gambar 4.2 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal <i>pwm</i> Dengan <i>Duty Cycle</i> 25% | 32 |
| Gambar 4.3 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal <i>pwm</i> Dengan <i>Duty Cycle</i> 50% | 33 |
| Gambar 4.4 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal <i>pwm</i> Dengan <i>Duty Cycle</i> 75% | 33 |
| Gambar 4.5 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal <i>pwm</i> Dengan <i>Duty Cycle</i> 96% | 34 |
| Gambar 4.6 Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat dan pembacaan standart | 35 |
| Gambar 4.7 Histerisis sensor tegangan baterai | 37 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 4.8 | Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat dan pembacaan standart | 40 |
| Gambar 4.9 | Histerisis sensor tegangan pada <i>Solar Cell</i> | 42 |
| Gambar 4.10 | Grafik Nilai Illuminansi terhadap waktu | 45 |
| Gambar 4.11 | Grafik kenaikan prosentase baterai dibanding dengan waktu | 46 |
| Gambar 4.12 | Grafik Perbandingan tegangan <i>output solar cell</i> dan tegangan <i>output buck converter</i> | 47 |

DAFTAR TABEL

| | Hal |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Voltase <i>Charging</i> Untuk Berbagai Jenis Baterai | 9 |
| Tabel 4.1 Data Pengujian Alat Ukur Tegangan Baterai | 34 |
| Tabel 4.2 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan Baterai | 36 |
| Tabel 4.3 Data Kalibrasi Tegangan baterai | 38 |
| Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Ukur Tegangan pada <i>Solar</i> <i>Cell</i> | 39 |
| Tabel 4.5 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan Pada <i>Solar Cell</i> | 40 |
| Tabel 4.6 Data Kalibrasi Tegangan pada <i>Solar Cell</i> | 42 |
| Tabel 4.7 Tabel nilai iluminansi terhadap waktu | 44 |
| Tabel 4.8 Tabel nilai Kenaikan Tegangan Baterai terhadap waktu | 45 |
| Tabel 4.9 Tabel nilai tegangan output <i>Solar Cell</i> dan Tegangan <i>Buck Converter</i> | 46 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya adalah energi berupa panas dan cahaya yang dipancarkan matahari. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat penting untuk dikembangkan dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari - hari. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, khususnya minyak bumi, yang terjadi sejak tahun 1970-an mendapat perhatian yang cukup besar dari banyak negara di dunia. Di samping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan teknologi sel surya atau fotovoltaik.^[1]

Indonesia mempunyai potensi energi surya yang melimpah. Namun melimpahnya sumber energi surya di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang.^[1]

Energi listrik alternatif yang dihasilkan panel surya telah digunakan sebagai solusi energi terbarukan untuk menunjang kehidupan manusia. Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan perencanaan yang sangat baik agar tidak menimbulkan dampak yang berlebihan bagi lingkungan. Untuk

membangun suatu pembangkit listrik tenaga surya memerlukan investasi awal yang cukup mahal. Sehingga perlu dirancang komponen pembangkit listrik tenaga surya yaitu salah satunya solar charge controller yang handal, optimal, dan ekonomis sehingga diperoleh perencanaan pembangunan plts yang optimal.

Dalam tugas akhir ini, memaparkan implementasi *switching mosfet* untuk mengalirkan *input* yang diperoleh dari panel surya agar sesuai dengan spesifikasi baterai sehingga terjadi proses *charging*. Kelebihan dari metode *switching* yang digunakan yaitu *reduction power loss, fast working and reliability* sehingga kontroler ini akan bekerja dengan efisien dan optimal untuk mendukung perencanaan pembangunan plts yang sangat baik.

1.2 Permasalahan

Adapun dari latar belakang yang diuraikan diatas terdapat beberapa permasalahan yang perlu dibahas antara lain :

1. Bagaimana melakukan rancang bangun *solar charge controller* yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian muatan listrik (*charging*) pada baterai 12 volt menggunakan panel surya ?.
2. Bagaimana mengetahui pengaruh *duty cycle* terhadap *output solar charge controller* ?.
3. Bagaimana mengetahui lama dari pengisian baterai?.
4. Bagaimana nilai ketidakpastian pengukuran pada *solar charger controller*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini, maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

1. *Input* untuk kontroler ini hanya berasal dari panel surya.
2. Spesifikasi baterai yang digunakan adalah 12 volt.
3. Beban yang dihubungkan memiliki spesifikasi tegangan DC.
4. Pada sistem yang dibuat tidak memonitoring dan kontrol arus yang masuk pada baterai.

1.4 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan topik ini adalah :

1. Membuat rancang bangun *solar charge controller* yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian muatan listrik (*charging*) pada baterai 12 volt menggunakan panel surya.
2. Dapat mengetahui pengaruh *duty cycle* terhadap *output solar charge controller*.
3. Dapat mengetahui lama pengisian baterai menggunakan *solar charge controller*.
4. Dapat Mengetahu nilai ketidakpastian pengukuran pada *solar charger controller*

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.

BAB II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori dan alat yang digunakan dalam rancang bangun *solar charge controller* dengan mode *fast pwm* menggunakan Atmega 16..

BAB III. Perancangan dan Pembuatan Alat

Bab ini berisi tentang langkah – langkah dalam pengerjaan rancang bangun *solar charge controller* dengan mode *fast pwm* menggunakan Atmega 16.

BAB IV. Pengujian Alat dan Analisis Sistem

Bab ini berisi tentang pengujian dan analisis sistem dari rancang bangun *solar charge controller* dengan mode *fast pwm* menggunakan Atmega 16.

BAB V. Penutup

Bab ini berisi kesimpulan yang berasal dari kesimpulan dan saran sebagai penunjang pengembangan penelitian kedepannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Listrik

Membicarakan tentang kelistrikan pada dasarnya adalah membicarakan segala sesuatu yang menyangkut perpindahan elektron. Pola berpindahnya elektron-elektron sehingga menimbulkan energi listrik. Dalam ilmu kelistrikan ada beberapa besaran dasar yang sangat penting dan sangat dominan, di antaranya adalah besaran tegangan, besaran arus dan besaran daya.

Tegangan listrik adalah gaya listrik yang menggerakkan arus untuk mengalir di sepanjang sebuah rangkaian listrik. Besaran satuan untuk tegangan listrik adalah *volt*, dengan simbol $V^{[2]}$. Tegangan listrik merupakan elektron yang mengalir karena adanya beda potensial, makin tinggi potensialnya maka akan semakin cepat elektron mengalir ke daerah yang potensialnya lebih rendah.

Arus merupakan jumlah muatan listrik yang mengalir setiap satuan waktu. Besaran satuan untuk arus listrik adalah *ampere*. Simbol besaran ini adalah *A*. Hanya sedikit orang yang menggunakan kata *ampere*. Umumnya yang digunakan adalah *amp*^[2]. Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan arah dengan gerak elektron). Satu *ampere* sama dengan 1 *coulomb* dari elektron melewati satu titik pada satu detik.

Daya listrik didefinisikan sebagai laju perubahan energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah *watt* yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Daya yang dibangkitkan sebuah perangkat listrik sebanding dengan besarnya arus yang mengalir melewatinya. Daya juga sebanding dengan tegangan yang menggerakkan arus tersebut. Semakin besar arus dan semakin besar gaya listriknya, semakin

besar pula daya yang dihasilkan^[2]. Apabila dituiskan dalam bentuk persamaan

$$\text{Daya (P)} = \text{Arus(I)} \times \text{Tegangan(V)} \quad (2.1)$$

Dimana :

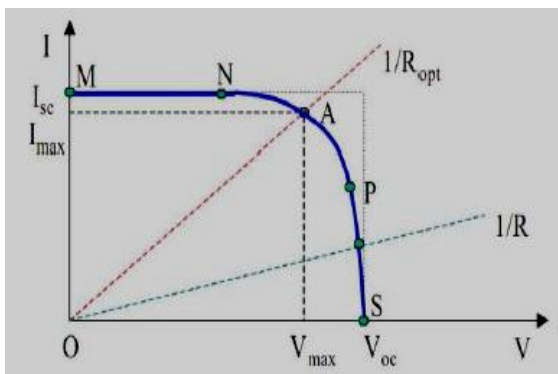
P=Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V=Tegangan Listrik dengan satuan Volt (V)

I=Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan, parameter dari panel surya dapat diperoleh melalui karakteristik arus-tegangan antara lain arus hubungan singkat (I_{sc}) tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), daya maksimum dan *fill factor*^[3]. Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaiik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Arus dan tegangan memiliki spesifikasi sesuai dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Seperti pada Gambar 2.1 merupakan hubungan arus dan tegangan yang dapat dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 2.1 Kurva I-V Panel Surya^[3]

Pembangkitan arus pada sel surya memiliki beberapa proses, diantaranya sebagai berikut :

1. Cahaya dalam bentuk partikel foton jatuh pada permukaan sel surya, lalu diserap dan menghasilkan *electron* dan *hole*.

Tetapi elektron pada semikonduktor tipe p dan *hole* pada tipe n yang dihasilkan tidak stabil dan hanya terjadi pada jangka waktu yang sama dengan waktu hidup pembawa minoritas, sebelum terjadi rekombinasi.

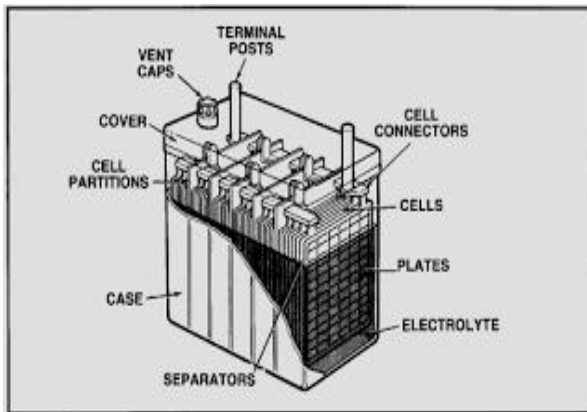
2. Untuk mencegah rekombinasi digunakan p-n *junction* yang memisahkan *electron* dengan *hole*.

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* sangat penting karena panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan^[3]. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

2.3 Baterai

Baterai adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (*katoda*) dan kutub negatif (*anoda*). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia. Pengisian kembali dengan cara

regenerasi dan elektroda-elektroda yang dipakai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke komponen yang dihubungkan. Di dalam baterai terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah karena itu baterai tipe ini disebut di baterai timah. Ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit^[4]. Kontruksi dari baterai dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kontruksi Baterai^[4]

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan *ampere hours* (AH)^[4]. Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti jika baterai tersebut digunakan dengan arus 60 A dalam waktu 1 jam akan kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 A. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus

yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan baterai. Dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan.

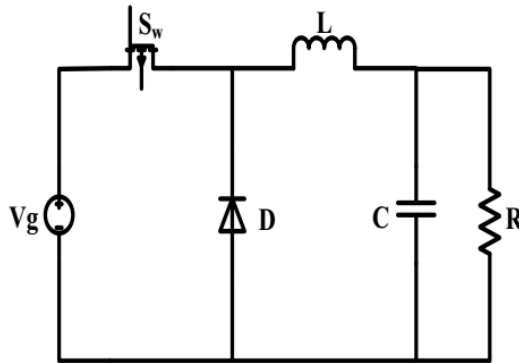
Secara konstruksi baterai dibedakan menjadi beberapa macam yaitu *flooded lead acid*, *sealed lead acid*, *valve regulated lead acid* (VRLA), gel dan AGM semuanya merupakan aki yang berbasis asam timbal. Tabel 2.1 menunjukkan voltase yang diperlukan untuk proses *absorption charging* dan *float charging*^[3].

Tabel 2.1 Voltase *Charging* Untuk Berbagai Jenis Baterai^[4]

| Type | Typical Absorption Voltage Range | Typical Float Voltage Range |
|---------|----------------------------------|-----------------------------|
| Flooded | 14,2 to 14,5 V | 13,2 to 13,5 V |
| Sealed | 14,2 to 14,5 V | 13,2 to 13,5 V |
| VRLA | 14,2 to 14,5 | 13,2 to 13,5 V |
| AGMS | 14,2 to 15,5 V | 13,2 to 13,8 V |
| GEL | 14,0 to 14,2 V | 13,2 to 13,4 V |

2.4 Buck Converter

Buck converter berfungsi untuk menurunkan tegangan *output* dari tegangan *input*, pada Gambar 2.3 merupakan rangkaian *buck converter* yang terdiri dari induktor, dioda, mosfet, kapasitor dan beban. Cara kerja *buck converter* dibagi menjadi dua yaitu, saat *switch* S terbuka arus listrik pada induktor meningkat secara linier dan dioda d mati. Saat switch S tertutup energi yang tersimpan pada induktor dilepaskan melalui dioda menuju rangkaian RC^[5].



Gambar 2.3 Rangkaian *Buck Converter*^[5]

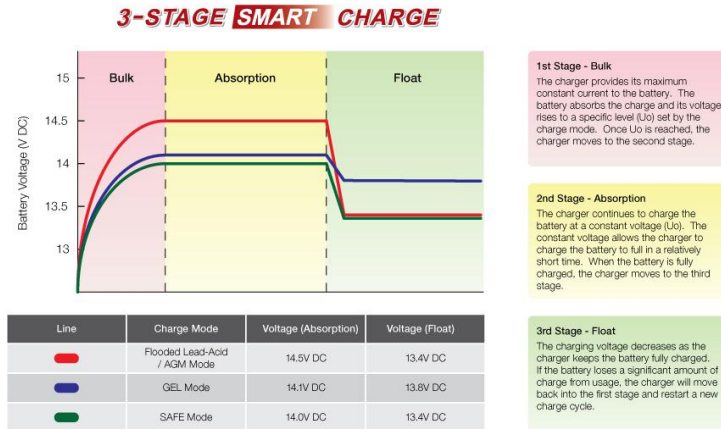
Untuk *buck converter* ideal, setiap tegangan *output* dari 0 V untuk V_{IN} dapat diperoleh. Telah terbukti bahwa tegangan *output* sebanding dengan siklus dan masukan tegangan. Mengingat tegangan *input* tertentu, ada keterbatasan yang mencegah siklus dari meliputi seluruh yang berkisar dari 0 sampai 100%^[5].

2.5 Charging Mode Solar Charge Controller

Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging*^[6] :

- Fase *bulk* : baterai akan di cas sesuai dengan tegangan *setup (bulk)* – antara 14.4 sampai 14.6 volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup (bulk)* dimulailah fase *absorption*.^[6]
- Fase *absorption* : pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai pada kapasitas baterai.^[6]
- Fase *float* : baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.2 sampai 13.5 volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya.^[6]

Pada Gambar 2.4 menunjukkan diagram dari tiga metode fase pengecasan :

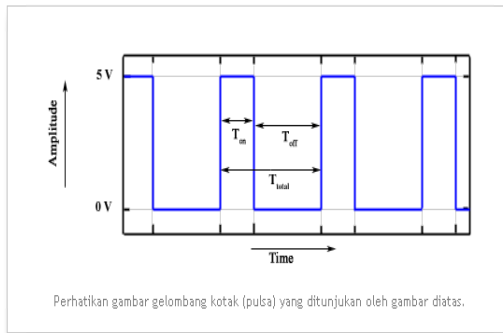


Gambar 2.4 Diagram *Three Stage Charging*^[6]

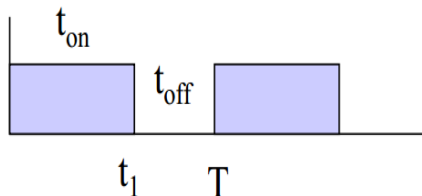
2.6 Pulse Width Modulation

Pengaturan lebar pulsa modulasi atau *pwm* merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dalam sistem kendali (*control system*) saat ini. Pengaturan lebar modulasi dipergunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah: *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem tenaga), *measurement and communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi).

Modulasi lebar pulsa (*pwm*) dicapai atau diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. Gelombang sinyal *output pwm* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Gelombang Sinyal *Output PWM*



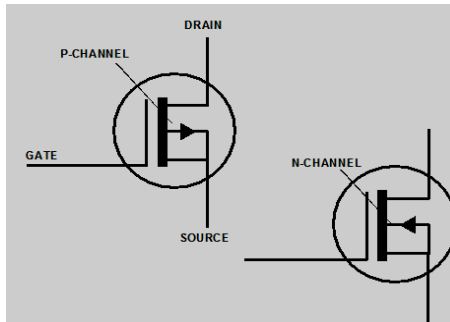
Gambar 2.6 *Duty Cycle Perbandingan Ton dan Toff*

Dari Gambar 2.6 dapat dijelaskan bahwa *pwm* mengeluarkan pulsa dengan jeda waktu, dimana T_{on} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca: *high* atau 1) dan T_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca: *low* atau 0)^[8]. Anggap T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , biasa dikenal dengan istilah periode satu gelombang.

2.7 Mosfet

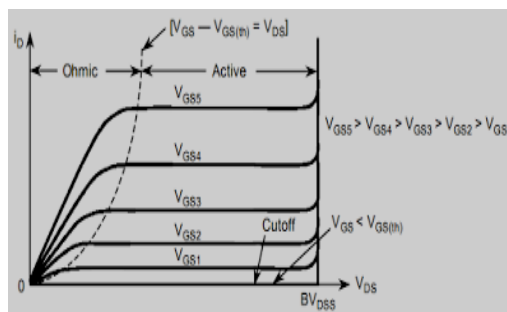
Mosfet (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan mosfet sebagai saklar elektronik^[7], memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan mosfet sebagai

saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar^[7]. Secara umum komponen ini terbagi menjadi dua yaitu *N-channel* dan *P-channel*



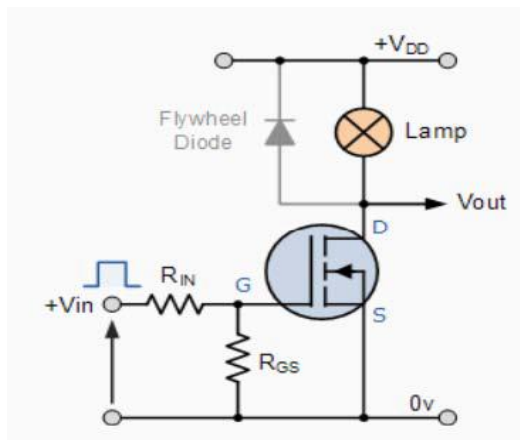
Gambar 2.7 P dan N Channel Mosfet^[7]

MOSFET memiliki karakter dasar yang menjadikannya memiliki performa yang lebih baik daripada *bipolar transistor* (BJT) dan *junction field effect transistor* (JFET)^[7]. Seorang *engineer* harus mengetahui dan memahami dengan baik karakter-karakter MOSFET sebelum menggunakannya dalam pembangunan suatu sistem elektronika. Karakteristik mosfet dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kurva Karakteristik Output Mosfet^[7]

Pada Gambar 2.10 dapat dijelaskan bahwa V_{gs} diatur pada kondisi dibawah kurva *threshold* untuk mengaktifkan mosfet. Untuk membuat mosfet sebagai saklar maka hanya menggunakan mosfet pada kondisi saturasi (*ON*) dan kondisi *cut-off* (*OFF*). Pada daerah *cut-off* mosfet tidak mendapatkan tegangan *input* ($V_{in} = 0V$) sehingga tidak ada arus *drain* (I_d) yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan $V_{ds} = V_{dd}$. Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah *cut-off* ini mosfet dikatakan *off* (*full off*). Kondisi *cut-off* ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur *input* (*gate*) ke *ground*, sehingga tidak ada tegangan *input* yang masuk ke rangkaian saklar mosfet. Untuk mendapatkan kondisi mosfet dalam keadaan *open* maka tegangan *gate* (V_{gs}) harus lebih rendah dari tegangan *threshold* (V_{th}) dengan cara menghubungkan terminal *input* (*gate*) ke *ground*. Wilayah saturasi (mosfet *on*) pada daerah saturasi mosfet mendapatkan bias *input* (V_{gs}) secara maksimum sehingga arus *drain* pada mosfet juga akan maksimum dan membuat tegangan $V_{ds} = 0V$. Pada kondisi saturasi ini mosfet dapat dikatakan dalam kondisi *fully on*^[7].



Gambar 2.9 Rangkaian *Driver N Channel Mosfet*^[7]

Mosfet dapat digunakan sebagai saklar otomatis sesuai dengan referensi rangkaian pada Gambar 2.11. Pada Gambar 2.11 menggunakan mosfet *channel N*. Gerbang *gate* pada mosfet dapat membuka sesuai dengan V_{in} yang diberikan yaitu berupa sinyal *pwm* dengan prosentase 0 hingga 100%. Arus yang mengalir dari kaki *source* bergantung pada sinyal *pwm* yang diberikan sehingga beban yang tersambung dapat aktif karena mendapat aliran arus yang berasal dari kaki *drain* mosfet.

2.8 Mikrokontroler AVR ATmega16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Mikrokontroler ATmega 16 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan unjuk kerja dan paralelisme. Instruksi - instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil (*pre - fetched*) dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi - instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8 bit *register* serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada *Aritmetic Logic Unit* (ALU) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. Enam dari *register* serba guna dapat digunakan sebagai tiga buah *register point* 16 bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. (Ulfah Mediaty, 2011).

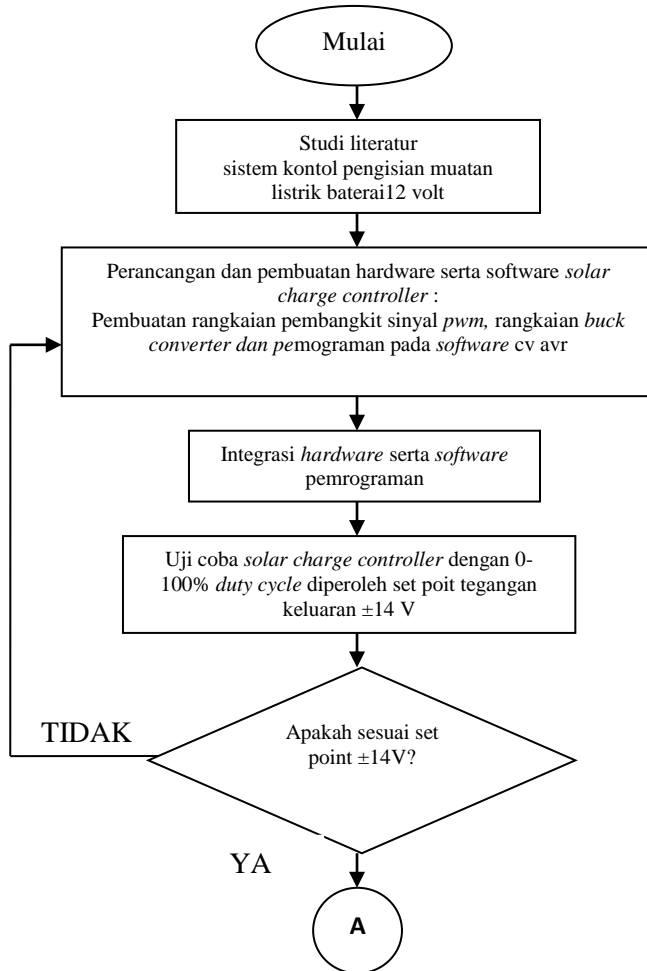
Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

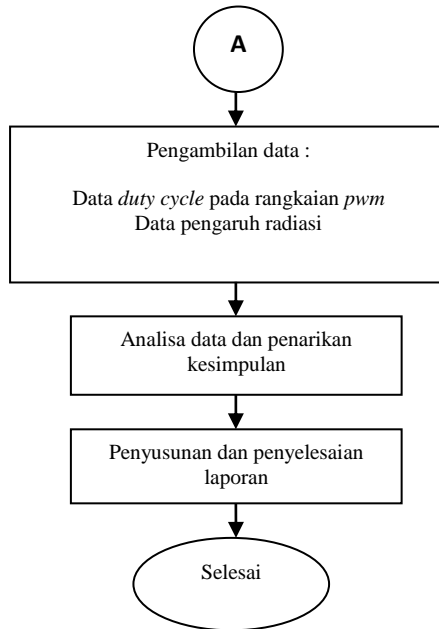
1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral :
 - a. Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare
 - b. Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture
 - c. Real time counter dengan osilator tersendiri
 - d. Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
 - e. 8 kanal, 10 bit ADC
 - f. Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - g. Watchdog timer dengan osilator internal

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir (*Flowchart*)

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam *flowchart* seperti Gambar 3.1 :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.2 Keterangan *Flowchart*

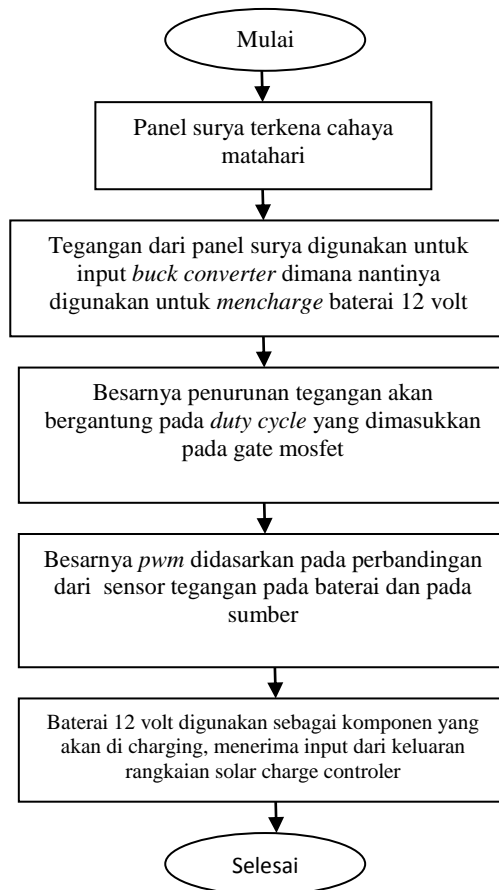
3.2.1 Studi Sistem Kontrol Pengecasan

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai sistem kontrol pengecasan menggunakan *buck converter*, *fast pwm*. Selain belajar sistem pada perancangan alat, juga mencari literatur – literatur yang berkaitan dengan elemen-elemen yang digunakan dalam pembuatan alat sistem kontrol pengecasan, misalnya *datasheet* komponen dan karakteristik mikrokontroler.

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* serta *Software Solar Charge Controller*

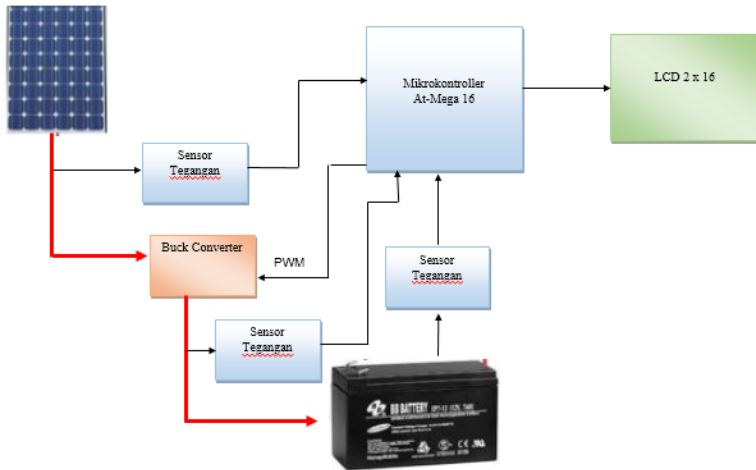
Pada perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software* terdapat beberapa tahap, yaitu pembacaan sensor tegangan, Pembuatan rangkaian *buck converter*, rangkaian regulator *step*

down kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroler At Mega 16 untuk pengaktifan *fast pwm*. Pada perancangan sistem kontrol pengecasan ini terdapat diagram alir sistem. Pada Gambar 3.2 merupakan diagram alir sistem pengecasan baterai menggunakan panel surya.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem *Solar Charge Controller* Untuk Pengecasan Baterai Menggunakan Panel Surya

Sedangkan *block flow diagram* sistem *solar charge controller* dapat dilihat pada Gambar 3.3.

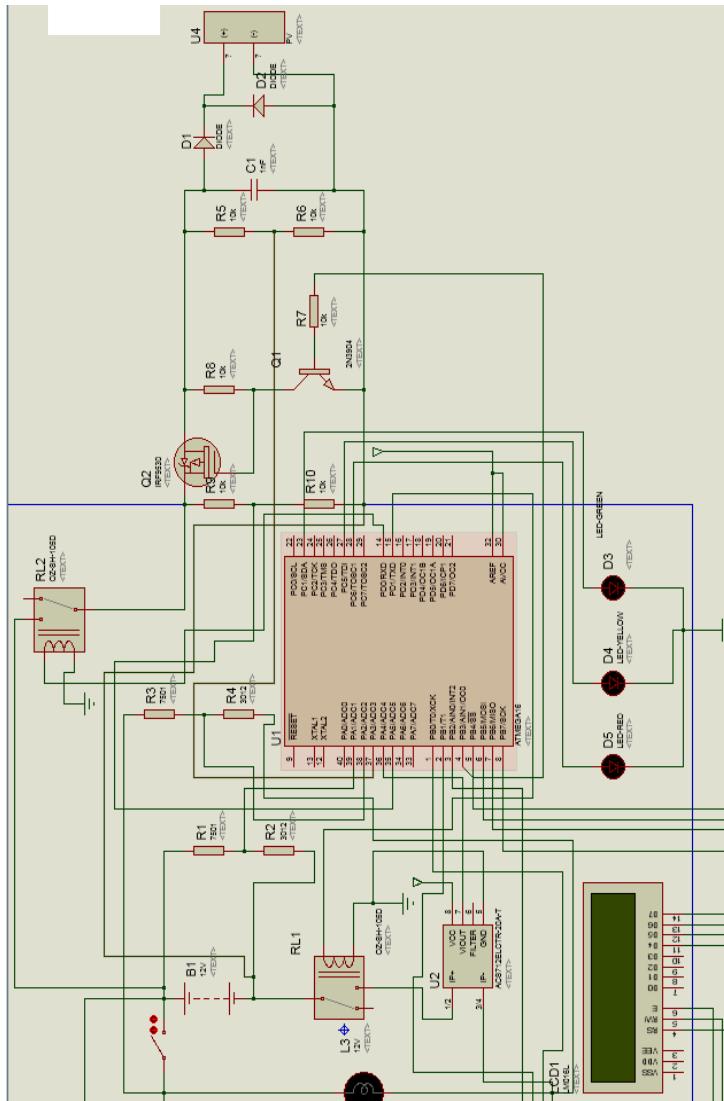


Gambar 3.3 *Block Flow Diagram* Perancangan *Solar Charge Controller*

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa *input* dari rangkaian berupa solar cell 50 WP. Kemudian sensor tegangan mengukur berapakah tegangan yang dihasilkan oleh sel surya. Kemudian masuk pada *buck converter* untuk diturunkan teganganya. Besar penurunan tegangan didasarkan pada *pwm* yang masuk pada rangkaian. *pwm* sendiri dihasilkan oleh mikrokontroler Atmega 16.

a. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Hardware*)

Perancangan *Buck converter* sebagaimana seperti skema yang terdapat pada gambar dibawah ini:



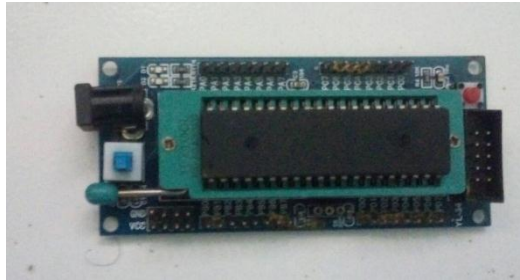
Gambar 3.4 Rangkaian Buck Converter

Pengendalian variabel tegangan dari panel surya digunakan rangkaian *buck converter*. Keluaran dari panel surya dikendalikan sehingga dapat mencapai *set point* yang sesuai tegangan charging aki yaitu sebesar ± 14 volt. Pada rangkaian *buck* ini menggunakan metode *switching* yang maksudnya tidak menggunakan ic regulator pada umumnya. Sehingga arus yang keluar dari kontroler ini dapat maksimal. Rangkaian *buck converter* dikendalikan melalui sinyal *fast pwm* dari mikrokontroler AtMega 16. Beberapa komponen yang digunakan pada rangkaian *buck converter* yaitu transistor 2N3904, mosfet irf 9530, capacitor 100uF, dan Dioda IN4007.

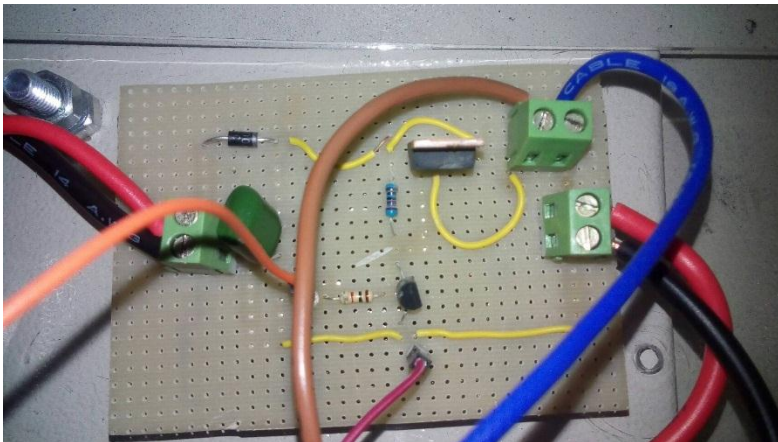
Sinyal keluaran *pwm* dihubungkan pada kaki base transistor 2N3904. kaki collector diberikan VCC 12 Volt atau diparalelkan dari input sel surya. Sedangkan kaki *emiter* transistor 2N3904 dihubungkan pada Ground. Sambungan collector dihubungkan pada *gate* mosfet irf 9530. Ketika transistor 2N3904 mendapat sinyal keluaran *pwm* dari mikrokontroler Atmega 16 sebesar yang ditentukan sesuai tegangan minimum untuk membuka *switching* dari *collector* ke *emiter* transistor 2N3904 maka tegangan *input collector* sebesar 12 volt akan mengalir ke kaki *emitor*. Sehingga kaki *gate* mosfet irf 9530 terbuka. Untuk kaki *drain* mosfet irf 9530 terhubung pada terminal positive dari sel surya dan positive dari aki sedangkan kaki *source* mosfet irf9530 terhubung pada *ground sel surya dan terminal negative accu*. Besarnya aliran tegangan keluaran melalui kaki *drain* bergantung dari seberapa besar tegangan yang digunakan untuk membuka kaki *gate* mosfet irf 9530 yang berasal dari keluaran kaki collector transistor 2N3904 sesuai dengan sinyal *pwm* atau prosentase *duty cycle* dari mikrokontroller Atmega 16.

Mikrokontroler ini digunakan untuk memberikan sinyal *input pwm* pada rangkaian *switching*. Sehingga mikrokontroler merupakan komponen penting untuk membuat *buck converter*. Kemudahan penggunaan mikrokontroler Atmega 16 untuk menghasilkan *input pwm* dibandingkan dengan rangkaian analog biasa yaitu dimana Atmega 16 hanya perlu mengubah *setting* program *config pulse* untuk menghasilkan *duty cycle* yang

diperlukan. Untuk mendapatkan nilai *duty cycle* juga bergantung dengan nilai frekuensi *clock* mikrokontroler, Sedangkan frekuensi *switching* mosfet yaitu sebesar 125.00 Hz.



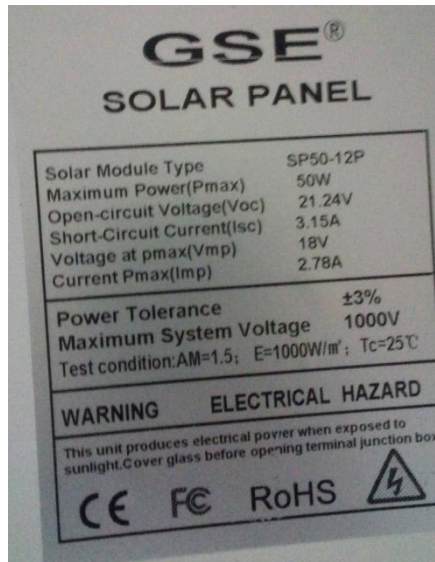
Gambar 3.5 Mikrokontroler Atmega 16



Gambar 3.6 Hardware Rangkaian *Buck*

Pada Gambar 3.6 merupakan gambar *Buck converter* yang telah dipasang didalam panel box. Pada terminal kanan bawah digunakan untuk pemasangan *input* panel surya dan *output* dari *solar charge controller* menuju ke aki 12 volt.

Adapun parameter yang digunakan sesuai dengan data spesifikasi panel surya 50 Wp sesuai pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Spesifikasi Panel Surya 50 Wp

- **Daya**
Pada pembuatan *solar charge controller* ini di buat agar dapat digunakan pada daya maksimal sebesar 50 Watt sesuai spesifikasi dari panel surya yang digunakan.
- **Tegangan Input**
Tegangan *input* pada rangkaian *solar charge controller* ini menggunakan panel surya dengan maksimal Vmp 18 volt.
- **Arus Input**
Arus *input* yang dapat dihasilkan oleh panel surya 50Wp yaitu 2.78 ampere ketika maksimum power.

b. Perancangan dan Pembuatan Alat (Software)

Perancangan *software* pada *solar charge controller* digunakan sebagai pendukung mikrokontroler Atmega 16 untuk dapat membangkitkan sinyal *pwm* Menggunakan CV AVR. CV AVR dipermudah dengan adanya wizard dimana kita lebih leluasa dalam memprogram Atmega dalam upaya pembangkitan PWM.

Adapun Konfigurasi dari Timer dari *pwm* yang akan dibuat:

| | | | |
|------------------|-------------------|---------------------|--------|
| I2C | 1 Wire | TWI (I2C) | |
| Alphanumeric LCD | | Graphic LCD | |
| Bit-Banged | | Project Information | |
| USART | Analog Comparator | ADC | SPI |
| Chip | Ports | External IRQ | Timers |

| | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| Timer0 | Timer1 | Timer2 | Watchdog |
|--------|--------|--------|----------|

Clock Source: System Clock
 Clock Value: 31,250 kHz
 Mode: Fast PWM top=0xFF
 Output: Non-Inverted PWM

☐ Overflow Interrupt
☐ Compare Match Interrupt

Timer Value: 0 h
 Compare: 0

Gambar 3.8 Konigurasi Timer 0

```
#define pwm OCR0    //OCR0 adalah output untuk PWM
                    //OCR0 diberi nilai dari 0-255
                    //karena PWM yang digunakan adalah 8 bit
```

```

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// setingan untuk OC0 sebagai output karena berada pada
PINB.3

PORTB=0x00;
DDRB=0x08;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 31,250 kHz
// Mode: Fast PWM top=0xFF
// OC0 output: Non-Inverted PWM
TCCR0=0x6C;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

while (1)
{
    pwm=110;

```



```

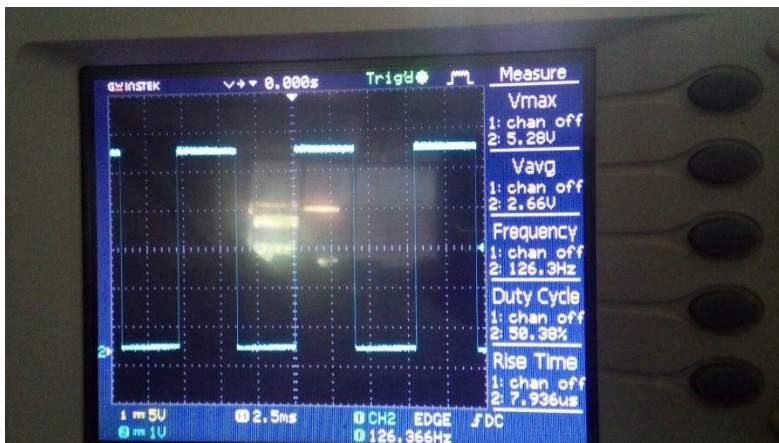
    delay_ms(128);
}

}

```

3.2.3 Integrasi *Hardware* dan *Software* Pemrograman

Ketika program pada *software cv avr* sudah selesai maka dilakukan pengintegrasian pada mikrokontroler AT-Mega 16. Jika *upload* program sudah berhasil, maka hasil *output pwm* dapat dilihat dengan cara melihat sinyal gelombang *pwm* pada osiloskop. Pada osiloskop dapat dilihat juga nilai prosentase *duty cycle* yang telah diatur pada program. Seperti pada Gambar 3.9 merupakan sinyal gelombang *output* dari *pwm* serta keterangan dari sinyal *pwm* yang telah dibangkitkan diantaranya frekuensi, periode, *rise time* dan prosentase *duty cycle*.



Gambar 3.9 Pembangkitan Sinyal *PWM* Pada Osiloskop Dengan *Duty Cycle* 50%

3.2.4 Pengujian Sistem dan Kalibrasi Sensor

Pengujian sistem pengecasan ini dilakukan untuk mengetahui sudah berjalan sesuai tujuan atau belum. program yang telah dibuat pada *CV AVR*. Pengujian berupa pengukuran

tegangan output saat diberikan duty cycle 0-100%. Kemudian kalibrasi sensor dengan membandingkan sensor tegangan dan dengan multimeter standart. Dalam melakukan pengujian alat dan kalibrasi sensor, terdapat beberapa tahapan perhitungan. Berikut beberapa persamaan yang digunakan :

- Karakteristik statik

- Sensitivitas

$$\text{sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \dots\dots\dots(3.1)$$

- Non-linieritas

$$(N(I)) = O(I) - (KI+a) \dots\dots\dots(3.2)$$

Non – linieritas maksimum per unit

$$\frac{N}{O_{max}-O_{min}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

$$a \text{ (zero bias)} = O_{\min} - KI_{\min} \dots\dots\dots(3.4)$$

- Histerisis :

$$H(I) = O(I)_{I\uparrow} - O(I)_{I\downarrow}, \hat{H} = H(I)_{\max}$$

% maksimum histerisis =

$$\frac{\hat{H}}{O_{max}-O_{min}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

- Akurasi

$$A = 1 \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan :

Y_n = Pembacaan Standar

X_n = Pembacaan Alat

- Kesalahan(Error)

$$e = 1 - A \dots\dots\dots(3.7)$$

- Kalibrasi Sensor Tegangan

- Nilai Ketidakpastian tipe A:

Standar deviasi :

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = Σ SR(*Square Residual*)

SR = R^2 (*Residu*)

Yi (Nilai koreksi) =

Pemb. standar (ti) – Pemb. alat (xi).....(3.11)

$Y_{reg} = a + (b \times ti)$ (3.12)

$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i)$(3.13)

$$b = \frac{n \cdot \Sigma t_i y_i - \Sigma y \cdot \Sigma t_i}{n \cdot \Sigma t_i^2 - (\Sigma t_i)^2} \dots \dots \dots (3.14)$$

$ti = \text{Pemb. standar}$

$yi = \text{Nilai koreksi, } n = \text{Jumlah data}$

- Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar *multimeter* (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (3.15)$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k} \dots \dots \dots (3.16)$$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots \dots \dots (3.17)$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_3 = 50$; $V_4 = 50$ (berdasarkan table T)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \dots\dots\dots (3.18)$$

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar:

$$U_{exp} = k \times U_c \dots\dots\dots (3.19)$$

3.2.5 Pengambilan Data *Solar Charge Controller*

Dalam tahap ini dapat melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem pengecasan aki menggunakan panel surya yang telah dibuat. Dimana dari keterangan data yang telah diperoleh dapat dilihat baik atau tidaknya performansi keluaran *solar charge controller*. Dilakukan perbandingan antara daya masukan yang diperoleh dari panel surya dengan daya keluaran dari *solar charge controller*.

3.2.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahap terakhir dibuat analisa data sesuai yang dihasilkan dari pembuatan *solar charge controller*. Setelah analisa data didapat maka dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang berhubungan dengan *solar charge controller* yang mempengaruhi hasil dari data tersebut.

BAB IV

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS SISTEM

4.1 Pengujian Alat

Pada tugas akhir pembuatan rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dilakukan pengujian alat serta pengambilan data dilakukan sebagai berikut :

4.1.1 Hasil Rancang Bangun

Berdasarkan Alur Sistem Pada Bab 3 ,Rancang bangun *solar charge controller* ini dirangkai untuk menerima *input* dari panel surya.yang kemudian digunakan untuk dapat mengisi baterai menggunakan rangkaian *solar charger controller*.

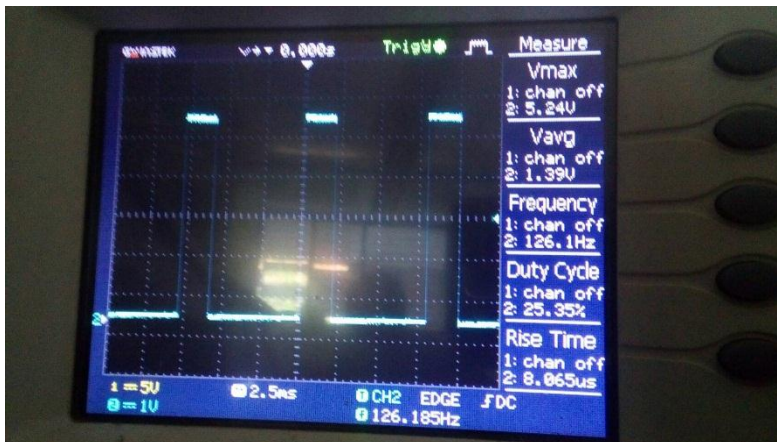


Gambar 4.1 *Mini Plant* PLTS

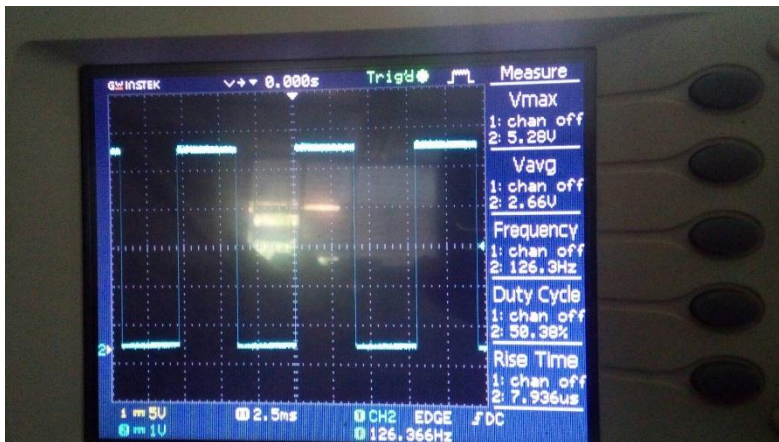
Pada Gambar 4.1 merupakan *miniplant* PLTS yang telah dibuat dengan menggunakan panel surya 50 Wp sesuai dengan spesifikasi panel surya pada Gambar 3.7. *Solar charge controller* sendiri diletakkan setelah panel surya dan dikontrol dengan mikrokontroller Atmega 16 menjadi rangkaian *solar charge controller*.

4.1.2 Pengujian Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM

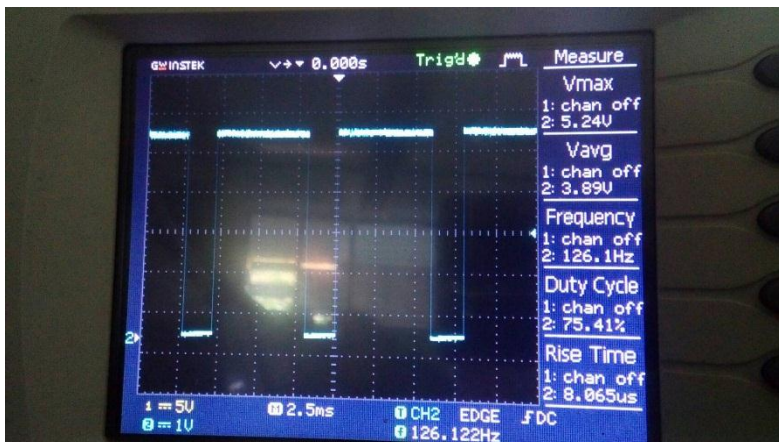
Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 mengenai *pulse width modulation* dan mosfet, *pwm* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk *men-driver* dari pada mosfet yang digunakan pada rangkaian *solar charge controller*. Pengujian dilakukan dengan cara pemberian nilai *duty cycle* yang berbeda-beda. Kemudian dilihat hasilnya pada osiloskop. pengujian menggunakan osiloskop didapat sinyal gelombang *pwm* seperti pada Gambar 4.2 hingga Gambar 4.5.



Gambar 4.2 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *Pwm* Dengan *Duty Cycle* 25%



Gambar 4.3 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Pwm Dengan Duty Cycle 50%



Gambar 4.4 Hasil Dari Sinyal Pembangkit Pwm Dengan Duty Cycle 75%



Gambar 4.5 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *Pwm* Dengan *Duty Cycle* 96%

Pada Gambar 4.3 sampai Gambar 4.6 merupakan *output* sinyal *pwm* yang dilihat melalui osiloskop. Nilai yang diatur adalah bervariasi mulai dari 25%, 50%, 75% dan 99%. Dari hasil yang sesuai dengan Gambar 4.3 sampai Gambar 4.6 maka dapat disimpulkan bahwa nilai *duty cycle* tersebut sesuai pengaturan pada mikrokontroler Atmega 16.

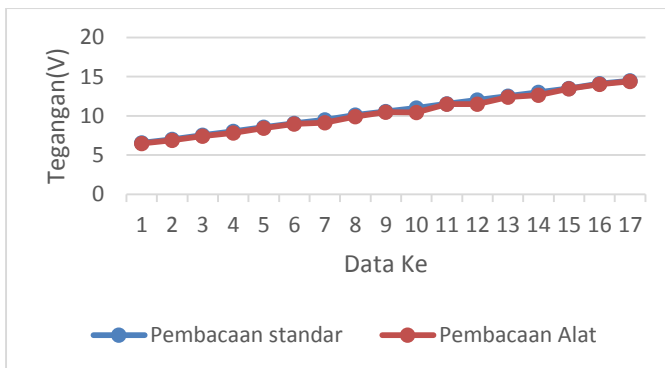
4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan Baterai

Pengujian tegangan dilakukan pada 17 titik pengukuran dengan kenaikan setiap tegangan kurang lebih berkisar 0.5 V.

Tabel 4.1 Data Pengujian Alat Ukur Tegangan Baterai

| No. | Pembacaan Standart (V) | Pembacaan Alat (V) | | Rata-rata pembacaan (V) | Error(V) |
|-----|------------------------|--------------------|-------|-------------------------|----------|
| | | NAIK | TURUN | | |
| 1 | 6,56 | 6,43 | 6,45 | 6,49 | 0,06 |
| 2 | 7,02 | 6,92 | 6,90 | 6,91 | 0,11 |
| 3 | 7,53 | 7,43 | 7,45 | 7,44 | 0,09 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|------|
| 4 | 8,05 | 7,97 | 7,90 | 7,93 | 0,12 |
| 5 | 8,56 | 8,48 | 8,45 | 8,46 | 0,10 |
| 6 | 9,06 | 8,97 | 8,90 | 8,93 | 0,13 |
| 7 | 9,51 | 9,49 | 9,45 | 9,47 | 0,04 |
| 8 | 10,10 | 9,95 | 9,91 | 9,93 | 0,17 |
| 9 | 10,57 | 10,46 | 10,50 | 10,48 | 0,09 |
| 10 | 11,02 | 10,93 | 10 | 10,46 | 0,56 |
| 11 | 11,56 | 11,54 | 11,50 | 11,52 | 0,04 |
| 12 | 12,04 | 11,98 | 11,00 | 11,49 | 0,55 |
| 13 | 12,51 | 12,42 | 12,50 | 12,46 | 0,05 |
| 14 | 13,00 | 12,98 | 12,00 | 12,49 | 0,51 |
| 15 | 13,51 | 13,47 | 13,50 | 13,48 | 0,03 |
| 16 | 14,14 | 14,08 | 14,10 | 14,09 | 0,05 |
| 17 | 14,50 | 14,37 | 14,50 | 14,43 | 0,13 |
| Σ | 179,24 | 177,87 | 175,01 | 176,49 | 2,81 |
| Rata-rata | 10,54 | 10,46 | 10,29 | 10,38 | 0,17 |



Gambar 4.6 Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat dan pembacaan standar

Dari gambar 4.6 dimana pengukuran alat dibandingkan dengan pengukuran standar didapatkan bahwasanya rata-rata eror didapatkan sebesar 0.17 dengan error maksimum sebesar 0.56. Adapun data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

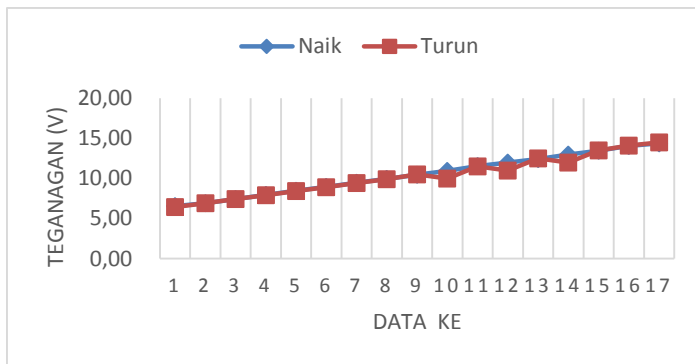
Tabel 4.2 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan Baterai

| No. | Pembacaan Standar (V) | Pembacaan Alat (V) | | Histerisis (V) | (std – alat)/std (V) | Non Linieritas |
|-----------|-----------------------|--------------------|--------|----------------|----------------------|----------------|
| | | NAIK | TURUN | | | |
| 1 | 6,56 | 6,54 | 6,45 | -0,09 | 0,003 | 0,000 |
| 2 | 7,02 | 6,92 | 6,90 | -0,02 | 0,014 | -0,070 |
| 3 | 7,53 | 7,43 | 7,45 | 0,02 | 0,013 | -0,059 |
| 4 | 8,05 | 7,97 | 7,90 | -0,07 | 0,010 | -0,028 |
| 5 | 8,56 | 8,48 | 8,45 | -0,03 | 0,009 | -0,018 |
| 6 | 9,06 | 8,97 | 8,90 | -0,07 | 0,010 | -0,017 |
| 7 | 9,51 | 9,49 | 9,45 | -0,04 | 0,002 | 0,063 |
| 8 | 10,10 | 9,95 | 9,91 | -0,04 | 0,015 | -0,055 |
| 9 | 10,57 | 10,46 | 10,50 | 0,04 | 0,010 | -0,005 |
| 10 | 11,02 | 10,93 | 10,00 | -0,93 | 0,008 | 0,025 |
| 11 | 11,56 | 11,54 | 11,50 | -0,04 | 0,002 | 0,106 |
| 12 | 12,04 | 11,98 | 11,00 | -0,98 | 0,005 | 0,076 |
| 13 | 12,51 | 12,42 | 12,50 | 0,08 | 0,007 | 0,056 |
| 14 | 13,00 | 12,98 | 12,00 | -0,98 | 0,002 | 0,137 |
| 15 | 13,51 | 13,47 | 13,50 | 0,03 | 0,003 | 0,128 |
| 16 | 14,14 | 14,08 | 14,10 | 0,02 | 0,004 | 0,121 |
| 17 | 14,56 | 14,37 | 14,50 | 0,13 | 0,013 | 0,000 |
| Σ | 179,30 | 177,98 | 175,01 | (2,97) | 0,13 | |
| Rata-rata | 10,55 | 10,47 | 10,29 | (0,17) | 0,01 | |

Berdasarkan persamaan 3.1 samapai dengan 3.7 pada bab 3 dihasikan nilai karakteristik statik sebagaimana berikut:

- a. Range : 6,56 V – 14,56 V
- b. Span : 8 V
- c. Resolusi : 0,01
- d. Non linieritas : 1,74 %
- e. Histerisis : 1,66 %
- f. Akurasi : 0.86
- g. Kesalahan : 0,14

Histerisis yang merupakan perbandingan antara pengukuran naik dan turun kemudian dijadikan grafik sebagaimana gambar berikut:



Gambar 4.7 Histerisis sensor tegangan baterai

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur tegangan, langkah selanjutnya adalah dilakukan kalibrasi alat ukur. Kalibrator merupakan multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.3 Data Kalibrasi Tegangan baterai

| No. | Pembacaan Standart (V) | Pemb. Alat (V) | Koreksi (V) | SR |
|-----|------------------------|----------------|-------------|---------|
| 1 | 6,56 | 6,544 | 0,016 | 0,00013 |
| 2 | 7,02 | 7,016 | 0,004 | 0,00001 |
| 3 | 7,53 | 7,502 | 0,028 | 0,00038 |
| 4 | 8,05 | 7,975 | 0,075 | 0,00417 |
| 5 | 8,56 | 8,465 | 0,095 | 0,00682 |
| 6 | 9,06 | 9,055 | 0,005 | 0,00009 |
| 7 | 9,51 | 9,502 | 0,008 | 0,00006 |
| 8 | 10,10 | 10,095 | 0,005 | 0,00018 |
| 9 | 10,57 | 10,534 | 0,036 | 0,00025 |
| 10 | 11,02 | 11,008 | 0,012 | 0,00010 |
| 11 | 11,56 | 11,558 | 0,002 | 0,00048 |
| 12 | 12,04 | 12,035 | 0,005 | 0,00043 |
| 13 | 12,51 | 12,503 | 0,007 | 0,00042 |
| 14 | 13,00 | 12,994 | 0,006 | 0,00054 |
| 15 | 13,51 | 13,504 | 0,006 | 0,00064 |
| 16 | 14,14 | 14,116 | 0,024 | 0,00009 |
| 17 | 14,50 | 14,495 | 0,005 | 0,00090 |

Berdasarkan persamaan kalibrasi yang terdapat pada persamaan 3.8 sampai 3.19 maka didapatkan nilai-nilai ketidakpastian sebagaimana berikut:

$$U_{a1} = 0,037616031$$

$$U_{a2} = 0,032316362$$

$$U_{b1} = 0,002886751$$

$$U_{b2} = 0,004975124$$

$$U_c = 0,049923925$$

$$V_{eff} = 32,13$$

sehingga jika dibulatkan menjadi 32, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,04

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2,04 \times 0,049923925 = 0,10184$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 0,101$. dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

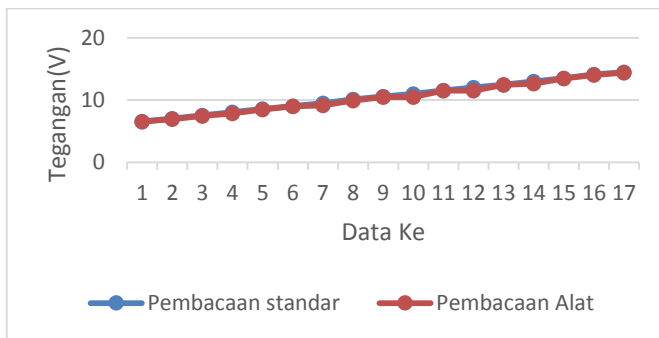
4.1.4 Pengujian Sensor Tegangan Pada PV

Pengujian tegangan dilakukan pada 17 titik pengukuran dengan kenaikan setiap tegangan kurang lebih berkisar 0.5 V.

Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Ukur Tegangan pada *Solar Cell*

| No. | Pembacaan Standart (V) | Pembacaan Alat (V) | | Rata- rata pembacaan (V) | Koreksi (V) |
|-----|------------------------|--------------------|-------|--------------------------|-------------|
| | | NAIK | TURUN | | |
| 1 | 6,56 | 6,46 | 6,55 | 6,50 | 0,05 |
| 2 | 7,02 | 6,92 | 6,90 | 6,91 | 0,11 |
| 3 | 7,53 | 7,43 | 7,45 | 7,44 | 0,09 |
| 4 | 8,05 | 7,90 | 7,80 | 7,85 | 0,20 |
| 5 | 8,56 | 8,48 | 8,45 | 8,46 | 0,10 |
| 6 | 9,06 | 8,97 | 9,00 | 8,98 | 0,08 |
| 7 | 9,51 | 9,48 | 8,80 | 9,14 | 0,37 |
| 8 | 10,10 | 9,95 | 9,91 | 9,93 | 0,17 |
| 9 | 10,57 | 10,46 | 10,53 | 10,49 | 0,07 |
| 10 | 11,02 | 10,93 | 10,00 | 10,46 | 0,56 |
| 11 | 11,56 | 11,54 | 11,50 | 11,52 | 0,04 |
| 12 | 12,04 | 11,98 | 11,00 | 11,49 | 0,55 |
| 13 | 12,51 | 12,42 | 12,43 | 12,42 | 0,08 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|------|
| 14 | 13,00 | 12,98 | 12,31 | 12,64 | 0,36 |
| 15 | 13,51 | 13,47 | 13,50 | 13,48 | 0,03 |
| 16 | 14,14 | 13,98 | 14,10 | 14,04 | 0,10 |
| 17 | 14,50 | 14,37 | 14,44 | 14,40 | 0,10 |
| Σ | 179,24 | 177,72 | 174,67 | 176,19 | 3,05 |
| Rata-rata | 10,54 | 10,45 | 10,27 | 10,364 | 0,18 |



Gambar 4.8 Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat dan pembacaan standar

Dari gambar 4.8 dimana pengukuran alat dibandingkan dengan pengukuran standar didapat bahwasanya rata-rata error didapatkan sebesar 0.18 dengan error maksimum sebesar 0.56.

Adapun data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan Pada Solar Cell

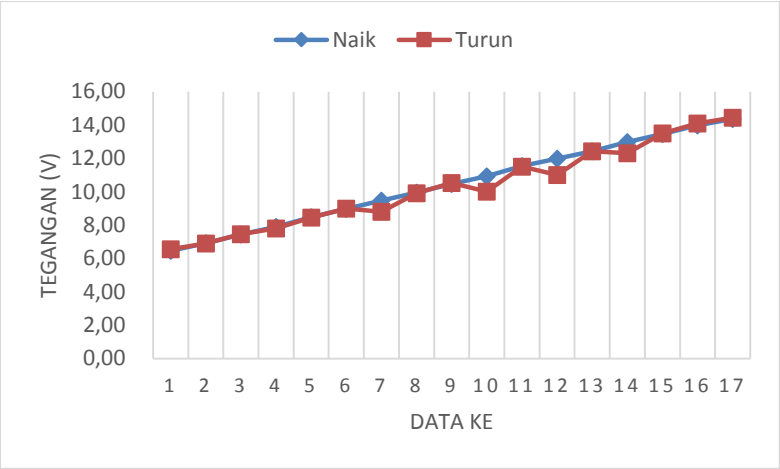
| No. | Pembacaan Standart (V) | Pembacaan Alat (V) | | Histeris (V) | (std – alat)/std (V) | Non Linieritas |
|-----|------------------------|--------------------|-------|--------------|----------------------|----------------|
| | | NAIK | TURUN | | | |
| 1 | 6,56 | 6,46 | 6,55 | 0,09 | 0,015 | 0,000 |
| 2 | 7,02 | 6,92 | 6,90 | -0,02 | 0,014 | 0,002 |

| | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 3 | 7,53 | 7,43 | 7,45 | 0,02 | 0,013 | 0,004 |
| 4 | 8,05 | 7,90 | 7,80 | -0,10 | 0,019 | -0,044 |
| 5 | 8,56 | 8,48 | 8,45 | -0,03 | 0,009 | 0,028 |
| 6 | 9,06 | 8,97 | 9,00 | 0,03 | 0,010 | 0,019 |
| 7 | 9,51 | 9,48 | 8,80 | -0,68 | 0,003 | 0,081 |
| 8 | 10,10 | 9,95 | 9,91 | -0,04 | 0,015 | -0,037 |
| 9 | 10,57 | 10,46 | 10,53 | 0,07 | 0,010 | 0,005 |
| 10 | 11,02 | 10,93 | 10,00 | -0,93 | 0,008 | 0,027 |
| 11 | 11,56 | 11,54 | 11,50 | -0,04 | 0,002 | 0,099 |
| 12 | 12,04 | 11,98 | 11,00 | -0,98 | 0,005 | 0,061 |
| 13 | 12,51 | 12,42 | 12,43 | 0,01 | 0,007 | 0,032 |
| 14 | 13,00 | 12,98 | 12,31 | -0,67 | 0,002 | 0,104 |
| 15 | 13,51 | 13,47 | 13,50 | 0,03 | 0,003 | 0,086 |
| 16 | 14,14 | 13,98 | 14,10 | 0,12 | 0,011 | -0,031 |
| 17 | 14,56 | 14,37 | 14,44 | 0,07 | 0,009 | 0,000 |
| Σ | 179,30 | 177,72 | 174,67 | (3,05) | 0,16 | 0,011 |
| Rata-rata | 10,55 | 10,45 | 10,27 | (0,18) | 0,01 | |

Berdasarkan persamaan 3.1 samapai dengan 3.7 pada bab 3 dihasilkan nilai karakteristik statik sebagaimana berikut:

- a. Range : 6,56 V – 14,56 V
- b. Span : 8 V
- c. Resolusi : 0,01
- d. Non linieritas : 1,31 %
- e. Histerisis : 1,52 %
- f. Akurasi : 0.84
- g. Kesalahan : 0,16

Histerisis yang merupakan perbandingan antara pengukuran naik dan turun kemudian dijadikan grafik sebagaimana berikut:



Gambar 4.9 Histerisis sensor tegangan pada *Solar Cell*

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur tegangan pada *Solar Cell*, langkah selanjutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.6 Data Kalibrasi Tegangan pada *Solar Cell*

| No. | Pembacaan Standart (V) | Pemb. Alat (V) | Koreksi (V) | SR |
|-----|------------------------|----------------|-------------|---------|
| 1 | 6,56 | 6,548 | 0,012 | 0,00002 |
| 2 | 7,02 | 7,004 | 0,016 | 0,00005 |
| 3 | 7,53 | 7,502 | 0,028 | 0,00030 |
| 4 | 8,05 | 7,975 | 0,075 | 0,00390 |
| 5 | 8,56 | 8,465 | 0,095 | 0,00651 |
| 6 | 9,06 | 9,055 | 0,005 | 0,00012 |
| 7 | 9,51 | 9,502 | 0,008 | 0,00009 |
| 8 | 10,10 | 10,095 | 0,005 | 0,00021 |

| | | | | |
|----|-------|--------|-------|---------|
| 9 | 10,57 | 10,54 | 0,030 | 0,00008 |
| 10 | 11,02 | 11,007 | 0,013 | 0,00010 |
| 11 | 11,56 | 11,556 | 0,004 | 0,00042 |
| 12 | 12,04 | 12,035 | 0,005 | 0,00045 |
| 13 | 12,51 | 12,504 | 0,006 | 0,00048 |
| 14 | 13,00 | 12,999 | 0,001 | 0,00082 |
| 15 | 13,51 | 13,504 | 0,006 | 0,00064 |
| 16 | 14,14 | 14,095 | 0,045 | 0,00013 |
| 17 | 14,50 | 14,495 | 0,005 | 0,00088 |

Berdasarkan persamaan kalibrasi yang terdapat pada persamaan 3.8 sampai 3.19 maka didapatkan nilai-nilai ketidakpastian sebagaimana berikut:

$$U_{a1}=0,0412310$$

$$U_{a2}=0,03183761$$

$$U_{b1}=0,002886751$$

$$U_{b2}=0,004975124$$

$$U_c = 0,052409146$$

$$V_{eff} = 30,81$$

sehingga jika dibulatkan menjadi 31, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,04

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2,04 \times 0,052409146 = 0,107$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 0,107$. dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukut tersebut digunakan.

4.1.5 Pengujian Kerja *Solar Charger Controller*

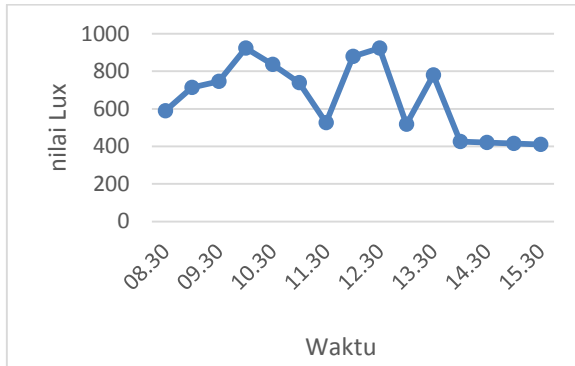
Pengujian dilakukan pada *solar charger controller* dengan menghasilkan beberapa data nilai illuminansi, Nilai kenaikan tegangan baterai, nilai tegangan yang masuk dari panel surya dan nilai keluaran rangkaian *buck converter* yang digunakan untuk *mencharge* baterai. Didapatkan data pengujian kerja *solar charger controller* sebagaimana berikut:

Tabel 4.7 Tabel nilai iluminansi terhadap waktu dan tegangan solar cell

| Jam | Illuminansi(Lux) | Tegangan Solar cell(V) |
|-------|------------------|------------------------|
| 08.30 | 590 | 14,67 |
| 09.00 | 714 | 15,26 |
| 09.30 | 747 | 15,28 |
| 10.00 | 923 | 15,26 |
| 10.30 | 836 | 15,5 |
| 11.00 | 740 | 15,18 |
| 11.30 | 526 | 15,13 |
| 12.00 | 880 | 16,45 |
| 12.30 | 923 | 16,75 |
| 13.00 | 517 | 16,14 |
| 13.30 | 780 | 16,5 |
| 14.00 | 425 | 15,79 |
| 14.30 | 420 | 15,7 |
| 15.00 | 416 | 15,3 |
| 15.30 | 410 | 15,2 |

Tabel 4.7 menunjukkan hasil dari nilai Illuminansi untuk tiap waktu. Hasil menunjukkan bahwasanya nilai Illuminansi tidak menentu namun data menunjukkan bahwasanya radiasi terbesar yang dapat diarahkan berada pada jam 12.00-12.30. adapun grafik

nilai iluminansi terhadap waktu dapat ditampilkan pada gambar 4.10 sebagai berikut:



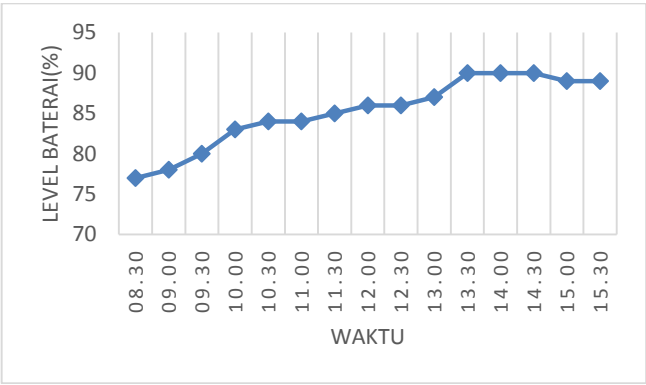
Gambar 4.10 Grafik Nilai Illuminansi Terhadap Waktu

Tabel 4.8 Tabel nilai Kenaikan Tegangan Baterai terhadap waktu

| No | Jam | Persen Baterai(<i>Open Circuit</i>) | Tegangan Baterai(<i>Open Circuit</i>) |
|----|-------|--|--|
| 1 | 08.30 | 77 | 12,81 |
| 2 | 09.00 | 78 | 12,84 |
| 3 | 09.30 | 80 | 12,9 |
| 4 | 10.00 | 83 | 12,93 |
| 5 | 10.30 | 84 | 12,96 |
| 6 | 11.00 | 84 | 12,96 |
| 7 | 11.30 | 85 | 12,98 |
| 8 | 12.00 | 86 | 13,09 |
| 9 | 12.30 | 86 | 13,09 |
| 10 | 13.00 | 87 | 13,11 |
| 11 | 13.30 | 90 | 13,21 |
| 12 | 14.00 | 90 | 13,19 |
| 13 | 14.30 | 90 | 13,21 |

| | | | |
|----|-------|----|-------|
| 14 | 15.00 | 89 | 13,17 |
| 15 | 15.30 | 89 | 13,17 |

Nilai kenaikan tegangan berdasarkan waktu sebagaimana tabel 4.7 diatas didapatkan bahwasanya baterai akan terisi dengan adanya *charge* yang dilakukan. Namun pengukuran tidak bisa dilakukan saat *charge* terjadi dikarenakan tegangan baterai akan dikenai *output buck convertert* sehingga level baterai sebenarnya harusnya memerlukan waktu turun saat sambungan dari panel surya diputus. Adapun grafik dari kenaikan baterai dibandingkan dengan waktu adalah sebagaimana gambar 4.12 berikut:



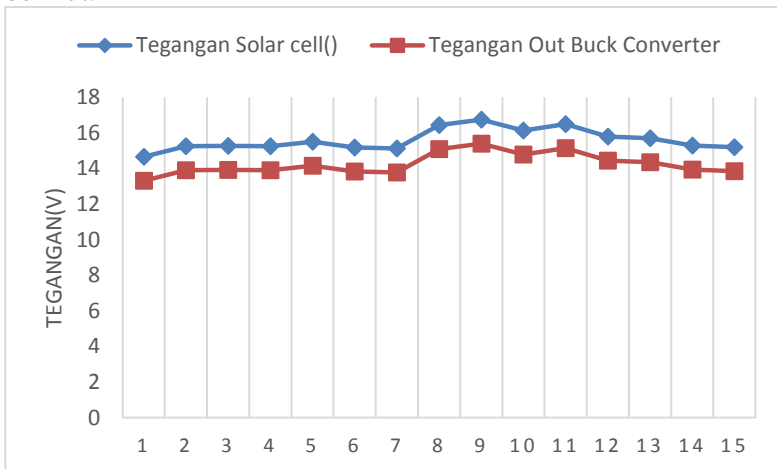
Gambar 4.11 Grafik Kenaikan Prosentase Baterai Berbanding dengan Waktu

Tabel 4.9 Tabel nilai tegangan output Pv dan Tegangan Buck Converter

| No | Jam | Tegangan Solar cell (V) | Tegangan Output Buck Converter (V) |
|----|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 08.30 | 14,67 | 13,32 |
| 2 | 09.00 | 15,26 | 13,91 |
| 3 | 09.30 | 15,28 | 13,93 |
| 4 | 10.00 | 15,26 | 13,91 |
| 5 | 10.30 | 15,5 | 14,15 |
| 6 | 11.00 | 15,18 | 13,83 |

| | | | |
|----|-------|-------|-------|
| 7 | 11.30 | 15,13 | 13,78 |
| 8 | 12.00 | 16,45 | 15,1 |
| 9 | 12.30 | 16,75 | 15,4 |
| 10 | 13.00 | 16,14 | 14,79 |
| 11 | 13.30 | 16,5 | 15,15 |
| 12 | 14.00 | 15,79 | 14,44 |
| 13 | 14.30 | 15,7 | 14,35 |
| 14 | 15.00 | 15,3 | 13,95 |
| 15 | 15.30 | 15,2 | 13,85 |

Nilai *output* panel surya dan nilai *output buck converter* berdasarkan tabel diatas didapat bahwasanya penurunan terjadi karena pengaturan *pwm* yang telah dilakukan. *Pwm* dari mikrokontroller inilah yang membuat tegangan *buck* menjadi turun sebagaimana tegangan pengisian baterai. Adapun Grafik dari tegangan *solar panel* dan tegangan *buck* adalah sebagaimana berikut:



Gambar 4.12 Perbandingan Tegangan *Output Solar Sell* dan Tegangan *Output Buck Converter*

4.2 Analisis Sistem

Dari semua pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian sinyal pembangkit *pwm*, Kalibrasi Sensor Tegangan, pengujian rangkaian *solar charge controller* maka dilakukan analisis. Dimulai dari pembahasan untuk pengujian pertama tentang sinyal pembangkit *pwm*. Sinyal *pwm* dibangkitkan melalui mikrokontroler Atmega 16 dengan *duty cycle* diatur pada program dengan frekuensi yang digunakan 126.1 Hz. Pengujian keluaran sinyal *pwm* dengan *duty cycle* 25%, 50%, 75% dan 99% setelah pulsa yang dihasilkan dicek dengan menggunakan osiloskop apakah pembentukan pulsa yang telah diinginkan tercapai. Didapatkan bahwasanya pembentukan pulsa sebagaimana gambar 4.3 hingga 4.6. dengan demikian dapat dipastikan pembangkitan sinyal *pwm* melalui Atmega 16 sudah berhasil.

Untuk pengujian kedua membahas tentang karakteristik statik dari sensor tegangan baterai dan sensor tegangan pada panel surya didapatkan bahwasanya ketidakpastian diperluas menghasilkan nilai 0,107 dan 0,101 dimana nilai tersebut tidak melebihi eror maksimum 3% atau 5 % dimana merupakan eror maksimum suatu alat ukur.

Untuk pengujian ketiga membahas tentang pengujian rangkaian *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS. Seperti pada Tabel 4.7 didapat hasil pengujian dimana nilai lux dari matahari akan naik turun berdasarkan kuat cahaya matahari. Hal ini dirasa benar karena pada saat pengujian didapati cuaca yang tidak menentu terkadang panas terik sekali sebagaimana jam 12.30 dengan nilai 923. Namun juga bisa turun sebagaimana jam 13.00 yang nilainya hanya 517.

Pada tabel 4.8 kenaikan baterai akan bergantung dengan tegangan pengisian yang merupakan output *buck converter*. Dalam tabel tertulis bahwasanya level baterai dan tegangan baterai merupakan level dan tegangan baterai pada keadaan *open circuit*. Hal ini dilakukan karena jika menggunakan data saat *charging* maka tegangan baterai akan sama atau mendekati tegangan output rangkaian *Buck Converter*. Hal ini akan berpengaruh langsung pada level baterai yang mencapai 128% dan tegangan baterai

sekitar 13-15V. Untuk itu dalam pengambilan data ini dilakukan dengan cara memutus tegangan pengisian *solar cell* ke baterai hingga stabil pada tegangan *open circuit*. Permasalahan tegangan baterai yang sama dengan tegangan V_{out} ini juga sudah divalidasi dengan cara mengukur secara manual menggunakan multimeter. Pada grafik juga terlihat ada penurunan level dan tegangan baterai pada saat jam 15.00-15.30. Hal ini dikarenakan penurunan nilai iluminansi dari sebelum-sebelumnya. Hal ini juga berpengaruh pada tegangan pengisian yang juga turun. Hal ini juga ditambah dengan semua rangkaian dalam sistem ini mengambil sumber dari Baterai, Kenaikan tegangan baterai pada grafik menunjukkan bahwasanya pengisian membutuhkan waktu yang lumayan lama dikarenakan kapasitas Baterai yang cukup besar. Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan beberapa kali rata-rata untuk menaikkan level tegangan sekitar 10% membutuhkan waktu sekitar 7 jam dengan kenaikan level tegangan sebesar 0.3 V. Dengan begini jika menggunakan *DOD(Deep Of Discharge)* sekitar 30% maka untuk *mecharger* hingga penuh membutuhkan waktu hingga 21 jam.

Pada tabel 4.9 merupakan tabel perbandingan antara tegangan *output solar cell* dan *output buck converter*. Dimana penurunan tegangan antara *output solar cell* dan *output buck converter* berkisar sebesar 1,2V dengan *duty cycle* sebesar 90%.. Berdasarkan grafik didapatkan rata-rata tegangan *charging* dengan nilai tegangan sebesar 14.25V.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rancang bangun *solar charge controller* telah dibuat dengan memiliki tegangan *charging* ± 14 volt agar memenuhi tegangan minimum untuk dapat mengisi baterai menggunakan panel surya.
2. Variabel *input* dari panel surya dikendalikan oleh *solar charge controller* menggunakan metode *switching mosfet* dengan *duty cycle* 95% sehingga tegangan *input* dari panel surya dapat diregulasi menjadi ± 14 volt oleh kontroler .
3. Rangkaian *solar charge controller* bekerja dengan rata-rata untuk menaikkan level baterai sekitar 10% membutuhkan waktu sekitar 7 jam dengan kenaikan tegangan sebesar 0.3V.
4. Pengujian dan kalibrasi sensor dilakukan untuk mendapatkan kebenaran dan validasi terhadap pengukuran yang telah dilakukan. Pada sensor tegangan baterai nilai didapatkan ketidakpastian sebesar $\pm 0.101V$ dan pada sensor tegangan *solar cell* didapatkan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0.107V$. Berdasarkan kedua nilai tersebut, maka nilai ketidakpastian kedua sensor tersebut tidak lebih dari batas error 3% atau 5% pengukuran.

5.2 Saran

Adapun saran perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS ini adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya diberikan monitoring dan control arus sehingga *three stage charging* juga dapat tercapai

2. Sebaiknya dalam pengambilan data *solar charge controller* dilakukan beberapa metode lagi serta diperinci lagi analisa datanya, agar dapat diketahui faktor apa saja yang berpengaruh terhadap *solar charge controller* sehingga mendapat hasil kontroler yang optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Adhi R. 2008. Melihat Prinsip Kerja Sel Surya Lebih Dekat. Austrian : AIT Austrian Institute of Technology
- [2]Bishop, Owen.2005.*Dasar – dasar Elektronika, Edisi Pertama*.Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3]Karina. S, Santiko.2003.*Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) Pada Sel Tunggal Polikrital Serta Pemodelannya*.Jakarta:Universitas Negeri Jakarta.
- [4]Anonym.2005.*Sumber Arus Baterai*.Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [5]Tucker, John.2005.*Understanding Output Voltage Limitations of DC/DC Buck Converters*. America:Texas Instruments Incorporated.
- [6] <http://www.powermaniasusa.com/faq.php>
- [7]Linggarjati, Jimmy.2012.*Optimasi Penentuan Jenis Mosfet Pada Pengendali Elektronika Motor BLDC*. Jakarta:Jurnal Teknik Komputer Vol 20.102-108.Agustus 2012
- [8]Oh, K.S.2000.*MOSFET Basics*.Application Note/AN9010. Fairchild Semiconductor.
- [9]Peddapelli, Satish Kumar.2014.*Recent Advances In Pulse Width Modulation Techniques And Multilevel Inverter*.International Science Index Vol 8. No:3.2014.
- [10]Pressman, Abraham I.1999.*Switching Mode Power Supply Design*.Newyork:McGraw Hill.
- [11]Tucker, John.2005.*Understanding Output Voltage Limitations of DC/DC Buck Converters*. America:Texas Instruments Incorporated.
- [12]Yves, Garnier, dkk.2005.*Manual Statistik Energi*. Paris:International Energy Agency(IEA).

LAMPIRAN A

DATASHEET ATMEGA16

PDIP

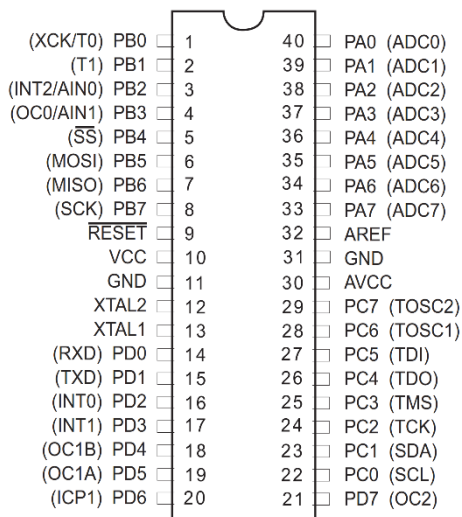


Table 22. Port A Pins Alternate Functions

| Port Pin | Alternate Function |
|----------|----------------------------|
| PA7 | ADC7 (ADC input channel 7) |
| PA6 | ADC6 (ADC input channel 6) |
| PA5 | ADC5 (ADC input channel 5) |
| PA4 | ADC4 (ADC input channel 4) |
| PA3 | ADC3 (ADC input channel 3) |
| PA2 | ADC2 (ADC input channel 2) |
| PA1 | ADC1 (ADC input channel 1) |
| PA0 | ADC0 (ADC input channel 0) |

Table 25. Port B Pins Alternate Functions

| Port Pin | Alternate Functions |
|----------|---|
| PB7 | SCK (SPI Bus Serial Clock) |
| PB6 | MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) |
| PB5 | MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) |
| PB4 | \overline{SS} (SPI Slave Select Input) |
| PB3 | AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output) |
| PB2 | AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input) |
| PB1 | T1 (Timer/Counter1 External Counter Input) |
| PB0 | T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output) |

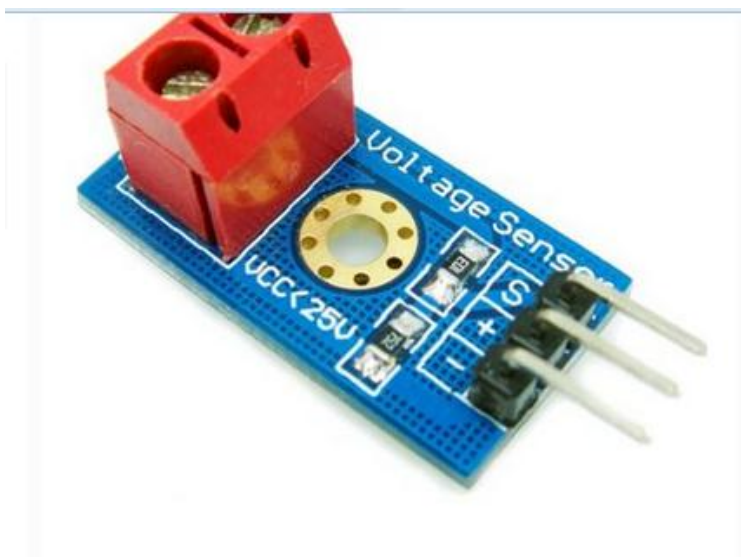
Table 28. Port C Pins Alternate Functions

| Port Pin | Alternate Function |
|----------|--|
| PC7 | TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2) |
| PC6 | TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1) |
| PC5 | TDI (JTAG Test Data In) |
| PC4 | TDO (JTAG Test Data Out) |
| PC3 | TMS (JTAG Test Mode Select) |
| PC2 | TCK (JTAG Test Clock) |
| PC1 | SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line) |
| PC0 | SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line) |

Table 31. Port D Pins Alternate Functions

| Port Pin | Alternate Function |
|----------|---|
| PD7 | OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output) |
| PD6 | ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin) |
| PD5 | OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output) |
| PD4 | OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output) |
| PD3 | INT1 (External Interrupt 1 Input) |
| PD2 | INT0 (External Interrupt 0 Input) |
| PD1 | TXD (USART Output Pin) |
| PD0 | RXD (USART Input Pin) |

DATASHEET SENSOR TEGANGAN



Description :

This module is based on resistance points pressure principle, and it can make the input voltage of red terminal reduce 5 times of original voltage.

The max Arduino analog input voltage is 5 V, so the input voltage of this module should be not more than $5\text{ V} \times 5 = 25\text{ V}$ (if for 3.3 V system, the input voltage should be not more than $3.3\text{ V} \times 5 = 16.5\text{ V}$).

Because the Arduino AVR chip have 10 bit AD, so this module simulation resolution is 0.00489 V ($5\text{ V} / 1023$), and the input voltage of this module should be more than $0.00489\text{ V} \times 5 = 0.02445\text{ V}$.

Special Parameters :

1. Voltage input range : DC0-25 V
2. Voltage detection range : DC0.02445 V-25 V
3. Voltage analog resolution : 0.00489 V
4. DC input interface : red terminal positive with VCC, negative with GND

Connecting Diagram :



www.vishay.com

IRF9530, SiHF9530

Vishay Siliconix

THERMAL RESISTANCE RATINGS

| PARAMETER | SYMBOL | TYP. | MAX. | UNIT |
|-------------------------------------|-----------------|------|------|------|
| Maximum Junction-to-Ambient | $R_{\theta JA}$ | - | 62 | °C/W |
| Case-to-Sink, Flat, Gaseous Surface | $R_{\theta CA}$ | 0.50 | - | |
| Maximum Junction-to-Case (Drain) | $R_{\theta JC}$ | - | 1.7 | |

SPECIFICATIONS ($T_J = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

| PARAMETER | SYMBOL | TEST CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|--|---------------------|---|------|-------|-----------|---------------|
| Static | | | | | | |
| Drain-Source Breakdown Voltage | V_{DS} | $V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = -250\text{ }\mu\text{A}$ | -100 | - | - | V |
| V_{DS} Temperature Coefficient | $\Delta V_{DS}/T_J$ | Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = -1\text{ mA}$ | - | -0.10 | - | V/°C |
| Gate-Source Threshold Voltage | $V_{GS(th)}$ | $V_{DS} = V_{GS}, I_D = -250\text{ }\mu\text{A}$ | -2.0 | - | -4.0 | V |
| Gate-Source Leakage | I_{GSS} | $V_{GS} = \pm 20\text{ V}$ | - | - | ± 100 | nA |
| Zero Gate Voltage Drain Current | I_{DSS} | $V_{DS} = -100\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$ | - | - | -100 | μA |
| Drain-Source On-State Resistance | $R_{DS(on)}$ | $V_{GS} = -10\text{ V}, I_D = -7.2\text{ A}^a$ | - | - | -500 | Ω |
| Forward Transconductance | g_m | $V_{DS} = -50\text{ V}, I_D = -7.2\text{ A}^a$ | 3.7 | - | - | S |
| Dynamic | | | | | | |
| Input Capacitance | C_{iss} | $V_{DS} = 0\text{ V}, V_{GS} = -25\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$, see fig. 5 | - | 860 | - | pF |
| Output Capacitance | C_{oss} | | - | 240 | - | |
| Reverse Transfer Capacitance | C_{rss} | | - | 93 | - | pF |
| Total Gate Charge | Q_g | $V_{DS} = -10\text{ V}, I_D = -12\text{ A}, V_{GS} = -80\text{ V}$, see fig. 6 and 13 ^b | - | - | 38 | nC |
| Gate-Source Charge | Q_{gs} | | - | - | 6.8 | |
| Gate-Drain Charge | Q_{gd} | | - | - | 21 | |
| Turn-On Delay Time | t_{ON} | $V_{DS} = -50\text{ V}, I_D = -12\text{ A}, R_{\theta JA} = 12\text{ }^\circ\text{C/W}, R_{\theta JC} = 3.9\text{ }^\circ\text{C/W}$, see fig. 10 ^b | - | 12 | - | ns |
| Rise Time | t_r | | - | 52 | - | |
| Turn-Off Delay Time | t_{OFF} | | - | 31 | - | |
| Fall Time | t_f | | - | 39 | - | |
| Internal Drain Inductance | L_D | Between lead, (6 mm (0.25") from package and center of die contact) | - | 4.5 | - | nH |
| Internal Source Inductance | L_S | | - | 7.5 | - | |
| Gate Input Resistance | R_{ig} | $f = 1\text{ MHz}$, open drain | 0.4 | - | 5.3 | Ω |
| Drain-Source Body Diode Characteristics | | | | | | |
| Continuous Source-Drain Diode Current | I_S | MOSET symbol showing the integral reverse p-n junction diode | - | - | -12 | A |
| Pulsed Diode Forward Current ^a | I_{SM} | | - | - | -48 | |
| Body Diode Voltage | V_{SD} | $T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = -12\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}^a$ | - | - | -6.3 | V |
| Body Diode Reverse Recovery Time | t_{rr} | $T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = -12\text{ A}, dI_S/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}^a$ | - | 120 | 240 | ns |
| Body Diode Reverse Recovery Charge | Q_{rr} | | - | 0.46 | 0.92 | μC |
| Forward Turn-On Time | t_{on} | Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_D and L_S) | - | - | - | ns |

Notes

a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).

b. Pulse width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY

| | |
|-------------------|------------------------------|
| V_{DS} (V) | -100 |
| $R_{DS(on)}$ (Ω) | $V_{GS} = -10\text{ V}$ 0.30 |
| $Q_{g, max}$ (nC) | 38 |
| Q_{gs} (nC) | 6.8 |
| Q_{gd} (nC) | 21 |
| Configuration | Single |

TO-220AB



P-Channel MOSFET

FEATURES

- Dynamic dV/dt rating
- Repetitive avalanche rated
- P-channel
- 175 °C operating temperature
- Fast switching
- Ease of paralleling
- Simple drive requirements
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc/95912



Note

* This datasheet provides information about parts that are RoHS-compliant and / or parts that are non-RoHS-compliant. For example, parts with lead (Pb) terminations are not RoHS-compliant. Please see the information / tables in this datasheet for details.

DESCRIPTION

Third generation power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.

ORDERING INFORMATION

| | |
|----------------|-------------|
| Package | TO-220AB |
| Lead (Pb)-free | IRF9530PbF |
| | SiHF9530-63 |
| SnPb | IRF9530 |
| | SiHF9530 |

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_C = 25\text{ °C}$, unless otherwise noted)

| PARAMETER | SYMBOL | LIMIT | UNIT |
|--|------------------|---|----------|
| Drain-Source Voltage | V_{DS} | -100 | V |
| Gate-Source Voltage | V_{GS} | ±20 | V |
| Continuous Drain Current | I_D | $T_C = 25\text{ °C}$ $T_C = 100\text{ °C}$ | A |
| Pulsed Drain Current * | I_{DM} | -48 | A |
| Linear Derating Factor | | 0.58 | W/°C |
| Single Pulse Avalanche Energy * | E_{AS} | 400 | mJ |
| Repetitive Avalanche Current * | I_{AS} | -12 | A |
| Repetitive Avalanche Energy * | E_{AR} | 8.8 | mJ |
| Maximum Power Dissipation | P_D | 58 | W |
| Peak Diode Recovery dV/dt * | dV/dt | -5.5 | V/ns |
| Operating Junction and Storage Temperature Range | T_J, T_{STG} | -55 to +175 | °C |
| Soldering Recommendations (Peak temperature) * | for 10 s | 300 | °C |
| Mounting Torque | 6-32 or M3 screw | 10 | lbf · in |
| | | 1.1 | N · m |

Notes

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- $V_{DS} = -25\text{ V}$, starting $T_J = 25\text{ °C}$, $L = 4.3\text{ mH}$, $R_{\theta JA} = 25\text{ °C/W}$, $I_{AS} = -12\text{ A}$ (see fig. 12).
- $I_{AS} = -12\text{ A}$, $dV/dt = 140\text{ A/Vs}$, $V_{DS} \leq V_{GS}$, $T_J \leq 175\text{ °C}$.
- 1.6 mm from case.

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM PADA ATMEGA16

/******

*

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 04/07/2017
Author : tyery08
Company : embeeminded.blogspot.com
Comments:

Chip type : ATmega16A
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8,000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

/

```
#include <mega16a.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
int i;
int nilai_adc1;
```

```
int nilai_adc2;
int nilai_adc3;
int nilai_adc4;
int nilai_adc5;
float teganganbaterai;
float persenbaterai;
float dod;
float teganganload;
float tegangansumber;
float arusload;
float teganganbuck;
float dayaload;
float dayasisa;
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
#define resolusi 0.00489
#define calib 5
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}
```

```
// Declare your global variables here
void depan()
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(4,0);
```

```
lcd_putsf(">>MENU<<");  
lcd_gotoxy(0,1);  
lcd_putsf("SORC");
```

```
lcd_gotoxy(6,1);  
lcd_putsf("BATT");
```

```
lcd_gotoxy(12,1);  
lcd_putsf("LOAD");
```

```
delay_ms(500);  
}
```

```
//KAPASITAS BATERAI//
```

```
void nilaitegangan1()  
{  
  for(i=0;i<150;i++)  
  {  
    nilai_adc1+=read_adc(1); //read the input voltage from solar  
panel  
    delay_ms(2);  
  }  
  nilai_adc1=nilai_adc1/150;  
  nilai_adc1=read_adc(1);  
  dod=((teganganbaterai)-10.5);  
  teganganbaterai=(nilai_adc1*resolusi*calib);  
  persenbaterai=(dod/3)*100;  
}
```

```
//DAYASISA
```

```
void daya2()  
{  
  dayasisa=dod*45-dayaload;  
}
```

```

// LOAD //
void nilaitegangan2()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc2+=read_adc(2); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
    }
    nilai_adc2=nilai_adc2/150;
    nilai_adc2=read_adc(2);
    teganganload=(nilai_adc2*resolusi*calib);
}

void nilaiarus1()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc4+=read_adc(4); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
    }
    nilai_adc4=nilai_adc4/150;
    nilai_adc4=read_adc(4);
    arusload=fabs(((nilai_adc4*resolusi)-2.5)/0.100)-0.81;
}

void daya1()
{
    dayaload=teganganload*arusload;
}

// SUMBER SEL SURYA//
void nilaitegangan3()
{

```

```

        for(i=0;i<150;i++)
        {
            nilai_adc3+=read_adc(3); //read the input voltage from solar
panel
            delay_ms(2);
        }
        nilai_adc3=nilai_adc3/150;
        nilai_adc3=read_adc(3);
        tegangansumber=(nilai_adc3*resolusi*calib);
    }

```

```

void nilaitb()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc5+=read_adc(5); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
    }
    nilai_adc5=nilai_adc5/150;
    nilai_adc5=read_adc(5);
    teganganbuck=(nilai_adc5*resolusi*calib);
}

```

```

void main(void)
{
    char text[16];
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T

```

```
PORTA=0x00;  
DDRA=0x00;
```

```
// Port B initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=Out Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=0 State2=T  
State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0x08;
```

```
// Port C initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTC=0x00;  
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=Out  
Func2=Out Func1=Out Func0=Out  
// State7=T State6=T State5=T State4=0 State3=0 State2=0  
State1=0 State0=0  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x1F;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: 31,250 kHz  
// Mode: Fast PWM top=0xFF  
// OC0 output: Non-Inverted PWM  
TCCR0=0x6C;  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
```

```
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
```



```
// RS - PORTB Bit 0
// RD - PORTB Bit 1
// EN - PORTB Bit 2
// D4 - PORTB Bit 4
// D5 - PORTB Bit 5
// D6 - PORTB Bit 6
// D7 - PORTB Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
```

```
while (1)
```

```
{
    //sampling();
    nilaitegangan1();
    nilaitegangan2();
    nilaitegangan3();
    nilaitb();
    nilaiarus1();
    daya1();
    daya2();
    PORTD.0=0;
    PORTD.1=0;
```

```
        //Untuk Charging//
```

```
        if(tegangansumber > teganganbaterai && teganganbaterai <
14,6)
```

```
{
    OCR0=229.50;
    PORTD.0=0;
    PORTC.1=1;
}
```

```
        else if (tegangansumber < teganganbaterai)
```

```
{
    OCR0=0;
    PORTD.0=1;
```

```

PORTC.1=0;
}

if(teganganbaterai> 14.6)
{
PORTD.0=1;
}
else
{
PORTD.0=0;
}

//Untuk Discharging//
if(( teganganbaterai >= 12.43)&& ( teganganbaterai <= 13.5
))
{
PORTD.1=0;
}

else if(teganganbaterai<12.43)
{
PORTD.1=1;
}

if(PIND.5==1)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Vin");
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(text,"%5.2f",tegangansumber);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(6,0);
lcd_putsf("Vout");
lcd_gotoxy(6,1);
sprintf(text,"%5.2f",teganganbuck);

```

```
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(11,0);
    lcd_putsf("%Batt");
    lcd_gotoxy(12,1);
    sprintf(text,"%3.0f",persenbaterai);
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(15,1);
    lcd_putsf("%");
    delay_ms(500);
}
```

```
else if(PIND.6==1)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Baterai");
    lcd_gotoxy(9,0);
    sprintf(text,"%3.0f",persenbaterai);
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(13,0);
    lcd_putsf("%");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("PB:");
    lcd_gotoxy(5,1);
    sprintf(text,"%3.0f",dayasisa);
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(9,1);
    lcd_putsf("V:");
    lcd_gotoxy(11,1);
    sprintf(text,"%5.2f",teganganbaterai);
    lcd_puts(text);
    delay_ms(500);
}
```

```
else if(PIND.7==1)
```

```

{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Vout");
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(text,"%5.2f",teganganload);
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(6,0);
    lcd_putsf("Arus");
    lcd_gotoxy(6,1);
    sprintf(text,"%5.2f",arusload);
    lcd_puts(text);
    lcd_gotoxy(12,0);
    lcd_putsf("Daya");
    lcd_gotoxy(12,1);
    sprintf(text,"%5.2f",dayaload);
    lcd_puts(text);
    delay_ms(500);
}

else
{
    depan();
}

//  PORTC.0=0;
//  delay_ms(50);
//  PORTC.0=1;
//  delay_ms(50);
//  PORTC.1=0;
//  delay_ms(50);
//  PORTC.1=1;
//  delay_ms(50);
//  PORTD.2=0;
//  delay_ms(50);
//  PORTD.2=1;

```

```

//    delay_ms(50);

    if (teganganbaterai<=12.44)
    {
        PORTC.0=1;
        PORTD.2=0;
        PORTC.1=0;
        delay_ms(10);
    }

//
    if(persenbaterai>65&&persenbaterai<100)
    {
        PORTD.2=1;
        PORTC.0=0;
        PORTC.1=0;
        delay_ms(10);
    }

}

```


BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Magetan, 12 April 1996. Diberi nama oleh kedua orangtua, yaitu Choirul Mufit. Bapak bernama Jupri Respati, Ibu bernama Watini dan adik kandung bernama M. Rofiki Mubarak. Alamat asli rumah di Sidoarjo di desa Tawangsari, kecamatan Taman. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2008 di MI S Bahauddin, pada tahun 2011 penulis menamatkan SMP Bahauddin dan pada tahun 2014 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA Wachid Hasyim 2 Taman. Penulis mempunyai minat terhadap bidang teknik. Semenjak dibangku SMP sekarang dibangku kuliah, penulis masih menggeluti bidang mekanik dan elektrik. Pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Instrumentasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Mode Fast PWM Menggunakan Atmega 16”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email hannang.prasetyam@gmail.com.